

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

FACULTAD DE MEDICINA

Departamento de Cirugía



**TESIS DOCTORAL**

**Estudio morfológico y aplicaciones clínicas del nervio maseterino en la  
reconstrucción dinámica de la parálisis facial**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

**Ender Russvell Goñi Moreno**

Directores

**José María Lasso Vázquez  
Arán Pascual Font**

**Madrid, 2017**

Universidad Complutense de Madrid

Facultad de Medicina

Departamento de Cirugía



Estudio morfológico y aplicaciones clínicas del nervio  
maseterino en la reconstrucción dinámica de la  
parálisis facial

Autor

Ender Russvell Goñi Moreno

Madrid, 2015

Universidad Complutense de Madrid

Facultad de Medicina

Departamento de Cirugía



Estudio morfológico y aplicaciones clínicas del nervio  
maseterino en la reconstrucción dinámica de la  
parálisis facial

Autor

Ender Russvell Goñi Moreno

Directores

José María Lasso Vázquez

Arán Pascual Font

Madrid, 2015



## Informe del Director de la Tesis Doctoral

<b>DATOS DE LA TESIS DOCTORAL</b>	
Nombre del Doctorando	ENDER RUSSVELL GOÑI MORENO
Título de la Tesis	ESTUDIO MORFOLÓGICO Y APLICACIONES CLÍNICAS DEL NERVIO MASETERINO EN LA RECONSTRUCCIÓN DINÁMICA DE LA PARÁLISIS FACIAL
Facultad o Centro	MEDICINA

<b>DATOS DEL DIRECTOR DE LA TESIS DOCTORAL</b>	
Nombre Completo	JOSÉ MARÍA LASSO VÁZQUEZ
Centro al que pertenece y dirección	HGU GREGORIO MARAÑÓN. C/ DR ESQUERDO 46, 29007, MADRID
D.N.I./Pasaporte	27334275V
e-mail	josemaria.lasso@salud.madrid.org

	VALORACIÓN DE LA TESIS			
	Muy Buena	Buena	Suficiente	Deficiente
Originalidad	X			
Definición Objetivos	X			
Metodología	X			
Relevancia Resultados	X			
Discusión / Conclusiones	X			

INFORME (en caso necesario se podrán añadir más hojas):

Grandísimo profesional, ha trabajado con constancia y dureza para llevar este trabajo a su fin.

Madrid, a 9 de noviembre de 2015.

Fdo.: José M<sup>a</sup> Lasso

Este impreso deberá entregarse al Departamento/Órgano responsable del Posgrado/ Comisión responsable del Programa de Doctorado, para su estudio y aprobación en la admisión a trámite de la tesis doctoral. Asimismo, deberá incluirse entre la documentación enviada a la Comisión de Doctorado para la designación del Tribunal y aprobación de la defensa de la Tesis Doctoral.



## Informe del Director de la Tesis Doctoral

<b>DATOS DE LA TESIS DOCTORAL</b>	
Nombre del Doctorando	ENDER RUSSVELL GOÑI MORENO
Título de la Tesis	ESTUDIO MORFOLÓGICO Y APLICACIONES CLÍNICAS DEL NERVIO MASETERINO EN LA RECONSTRUCCIÓN DINÁMICA DE LA PARÁLISIS FACIAL
Facultad o Centro	MEDICINA

<b>DATOS DEL DIRECTOR DE LA TESIS DOCTORAL</b>	
Nombre Completo	ARÁN PASCUAL FONT
Centro al que pertenece y dirección	FACULTAD DE MEDICINA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE CIUDAD UNIVERSITARIA 28040-MADRID
D.N.I./Pasaporte	46939357Z
e-mail	aranfont@hotmail.com

	VALORACIÓN DE LA TESIS			
	Muy Buena	Buena	Suficiente	Deficiente
Originalidad	X			
Definición Objetivos	X			
Metodología	X			
Relevancia Resultados	X			
Discusión / Conclusiones	X			

INFORME (en caso necesario se podrán añadir más hojas):

Considero que la tesis doctoral es APTA PARA SU DEFENSA, en base a los siguientes considerandos:

- La justificación y la hipótesis de trabajo son válidas y conducen a unos objetivos realistas, encaminados a mejorar el conocimiento sobre las características de los nervios maseterino y obturador, para su uso en la reconstrucción de la parálisis facial.
- La introducción presenta una correcta actualización del tema, apoyada en una buena revisión bibliográfica, al igual que sucede con la exposición de los resultados.
- La discusión que está correctamente razonada.
- Las conclusiones, que resumen de manera correcta todos los resultados obtenidos a lo largo de la investigación, y resaltan adecuadamente los aportes logrados en la tesis doctoral.

Madrid, a 4 de noviembre de 2015.

Este impreso deberá entregarse al Departamento/Órgano responsable del Posgrado/ Comisión responsable del Programa de Doctorado, para su estudio y aprobación en la admisión a trámite de la tesis doctoral. Asimismo, deberá incluirse entre la documentación enviada a la Comisión de Doctorado para la designación del Tribunal y aprobación de la defensa de la Tesis Doctoral.

## **AGRADECIMIENTOS**

Podría escribir páginas innumerables intentando agradecer a todas aquellas personas que han hecho posible que este proyecto se haya hecho realidad y sin embargo no sería capaz de expresar en palabras todo lo importante que han sido para mi.

Mi más sincera gratitud a mis directores de tesis por todo el apoyo que me han dado y sobre todo por la paciencia que han tenido conmigo. Han hecho que sea capaz de dar lo mejor de mi cuando sentía que era imposible.

A mi Jefa de Servicio que me dio su apoyo desde el primer día y sobre todo en los momentos más difíciles.

A mis compañeros y amigos del servicio, muchas gracias por su apoyo. Han sido testigos en primera persona de esta aventura.

Tengo una deuda muy grande con los servicios de Unidad de Imagen, Comunicación y Relaciones Públicas de nuestro hospital por su ayuda. Siempre me han recibido con una sonrisa amable y un “por supuesto que se puede hacer”.

A todos los miembros del Departamento de Anatomía y Embriología Humanas de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid. Ha sido un gusto aprender de personas tan profesionales, me han hecho sentir parte de su equipo.

A mi familia tengo que pedirle perdón por todo este tiempo que no he estado a su lado. A mis hermanas por no haber sido un buen hermano mayor, pero este tiempo alejados es el sacrificio que he hecho para intentar servirles de ejemplo que nosotros podemos lograr nuestros sueños. A mis padres no tengo palabras que decirles. Saben lo que pienso y como soy, han hecho que sea la persona que soy ahora

**A mis padres y hermanas.**



## Listado abreviaturas

ABC	complejo avidina-biotina-peroxidasa
ADN	ácido desoxirribonucleico
AC	arco cigomático
ai	antero-inferior
AL	músculo <i>adductor longus</i>
am	arteria maseterina
ant	anterior
as	antero-superior
AVF	arteria y vena facial
BSA	albúmina de suero bovino
ChAT	acetilcolintransferasa
cm	centímetros
cols.	colaboradores
DAB	diaminobencidina
DE	desviación estándar
ePTF	politetrafluoroetileno expandido
G	músculo <i>gracilis</i>
I	inferior
IBM	International Business Machines Corp.
int	intermedio
L	lateral
M	molar
m	nervio maseterino
mm	milímetros
mM	milimolar
N	nervio
NIH	National Institutes of Health
P	posterior
PBS	tampón fosfato salino
PCR	reacción en cadena de la polimerasa
pi	postero-inferior
pH	potencial de hidrógeno
post	posterior

prof	profundo
ps	postero-superior
S	superior
SMAS	sistema músculo aponeurótico superficial
sup	superficial
TBS	tampón Tris salino
TBST	tampón tris salino triton X 100
°C	grados centígrados
µm	micra
1era	primera
2da	segunda
3era	tercera
4ta	cuarta
5ta	quinta
6ta	sexta
7ma	séptima
8va	octava
9na	novena

## Listado de tablas

<b>Tabla 1.</b> Etiología de la parálisis facial -----	46
<b>Tabla 2.</b> Características de las muestras de cabezas empleadas para el estudio del músculo masetero y nervio maseterino -----	72
<b>Tabla 3.</b> Distribución del nervio obturador por lado anatómico -----	73
<b>Tabla 4.</b> Resultados de los tipos musculares -----	91
<b>Tabla 5.</b> Longitud del nervio maseterino desde su paso por el arco cigomático hasta el origen de la última rama intramuscular -----	92
<b>Tabla 6.</b> Longitud del nervio maseterino en milímetros desde el borde inferior del arco cigomático hasta el origen de su primera y segunda rama intramuscular -----	94
<b>Tabla 7.</b> Número de ramas del nervio maseterino -----	96
<b>Tabla 8.</b> Medidas de la distancia de origen de las ramas del nervio maseterino y descripción de su dirección en anterior, posterior y cuando en un mismo punto se originan una rama anterior y posterior -----	106
<b>Tabla 9.</b> Relación de la arteria maseterina con el nervio maseterino -----	109
<b>Tabla 10.</b> Recorrido intramuscular del nervio maseterino en relación a los fascículos musculares -----	113
<b>Tabla 11.</b> Relaciones anatómicas de la arteria, nervio y músculo masetero -----	114

<b>Tabla 12.</b> Contaje de fibras motoras con tinción ChAT positivas y negativas de los cuatro segmentos del nervio maseterino y el porcentaje de fibras positivas en relación al total de fibras -----	121
<b>Tabla 13.</b> Contaje de fibras motoras con tinción ChAT positivas y negativas del nervio obturador del músculo <i>gracilis</i> y el porcentaje de las fibras positivas en relación al total de fibras -----	122
<b>Tabla 14.</b> Frecuencias estadísticas de los axones ChAT positivos de los nervios maseterinos y obturadores -----	124
<b>Tabla 15.</b> Frecuencias estadísticas de los axones ChAT negativos de los nervios maseterinos y obturadores -----	125
<b>Tabla 16.</b> Prueba de Mann-Whitney. Estadísticos de contraste de los axones ChAT positivos y negativos del nervio maseterino y obturador -----	126

## Listado de figuras

<b>Figura 1.</b> Anatomía del nervio facial -----	41
<b>Figura 2.</b> Esquema de tratamiento de la parálisis facial -----	51
<b>Figura 3.</b> Imagen intraoperatoria de disección de colgajo de músculo temporal para reconstrucción del tercio superior y medio facial -----	59
<b>Figura 4.</b> Imagen intraoperatoria de la disección del nervio maseterino y su relación con el nervio facial -----	64
<b>Figura 5.</b> Visión lateral derecha de la cabeza para exponer el músculo masetero -----	76
<b>Figura 6.</b> Visión lateral izquierda de la cabeza para mostrar el procedimiento de la desinserción superior del músculo masetero -----	77
<b>Figura 7.</b> Visión posterior del músculo masetero en su integridad con el trayecto intramuscular del nervio maseterino -----	78
<b>Figura 8.</b> Esquema en el que se muestra el trayecto del nervio maseterino considerando el paso del nervio por la escotadura mandibular debajo del arco cigomático como punto de inicio hasta su última rama intramuscular -----	80
<b>Figura 9.</b> Visión lateral izquierda de la cabeza para mostrar la disección <i>in situ</i> del nervio maseterino y la arteria maseterina -----	81
<b>Figura 10.</b> Visión posterior del músculo masetero una vez desinsertado en bloque. Se observa la arteria maseterina y el nervio maseterino -----	82

<b>Figura 11.</b> Esquema de una visión lateral de la cara, en el que se han dibujado las líneas de referencia para la ubicación de la rama del nervio maseterino para el fascículo superficial del músculo masetero -----	83
<b>Figura 12.</b> Muestras obtenidas del nervio maseterino -----	85
<b>Figura 13.</b> Disección intraoperatoria del músculo <i>gracilis</i> mostrando la entrada de su pedículo vascular -----	86
<b>Figura 14.</b> Análisis de los resultados obtenidos tras el marcaje inmunohistoquímico con el anticuerpo acetilcolintransferasa (ChAT) mediante el software Image J -----	89
<b>Figura 15.</b> Visión lateral de la superficie profunda de un músculo masetero para mostrar el recorrido intramuscular del nervio maseterino y ampliación para mostrar el origen de la primera rama intramuscular -----	95
<b>Figura 16.</b> El nervio maseterino en su recorrido intramuscular con sus ramas ---	97
<b>Figura 17.</b> Localización de la rama del nervio maseterino para el fascículo superficial del músculo masetero según su ubicación en las áreas formadas por dos líneas de referencia -----	108
<b>Figura 18.</b> Visión lateral de la superficie profunda de un músculo masetero para mostrar la relación del nervio y la arteria maseterina a su entrada en el músculo masetero -----	110

<b>Figura 19.</b> Visión lateral de la superficie profunda de un músculo masetero en la que se observa la presencia de dos arterias maseterinas con un único nervio maseterino y la presencia de dos nervios maseterinos y una única arteria maseterina a su entrada en el músculo masetero -----	111
<b>Figura 20.</b> Visión lateral de la superficie profunda de un músculo masetero para mostrar la relación del nervio y la arteria maseterina durante su recorrido intramuscular -----	112
<b>Figura 21.</b> Inmunohistoquímica para la acetilcolintransferasa (ChAT) del nervio maseterino -----	120
<b>Figura 22.</b> Inmunohistoquímica para la acetilcolintransferasa (ChAT) del nervio obturador -----	122
<b>Figura 23.</b> Gráfico de medias y medianas de axones acetilcolintransferasa (ChAT) positivos de los segmentos del nervio maseterino I, II, III y IV y del nervio obturador -----	126

## ÍNDICE

Resumen .....	19
Summary .....	24
1. Introducción .....	29
1.1 Parálisis facial: antecedentes históricos .....	33
1.2 Anatomía y fisiología de los nervios facial y maseterino .....	41
1.2.1 Nervio facial.....	41
1.2.2 Nervio maseterino.....	45
1.3 Etiología de la parálisis facial .....	46
1.4 Diagnóstico de la parálisis facial.....	48
1.4.1 Diagnóstico clínico.....	48
1.4.2 Pruebas complementarias.....	51
1.5 Planteamiento de la estrategia reconstructiva en la parálisis facial.....	52
1.5.1 Reconstrucción cuando hay musculatura facial viable .....	52
1.5.1.1 Parálisis parcial .....	55
1.5.1.2 Parálisis aguda .....	55
1.5.1.3 Reinervación de la musculatura facial viable .....	56
1.5.2 Reconstrucción en ausencia de musculatura facial viable .....	57
1.5.2.1 Restauración del tercio superior facial .....	57
1.5.2.2 Restauración del tercio inferior facial .....	58
1.5.2.3 Restauración del tercio medio facial .....	58
1.6 Métodos de reconstrucción en la parálisis facial.....	59
1.6.1 Estáticos .....	59
1.6.2 Dinámicos.....	60



1.6.2.1 Colgajos locales-----	60
1.6.2.2 Colgajos libres-----	61
1.6.2.3 Elección del nervio motor para la reinervación muscular --	65
1.6.3 Métodos complementarios-----	66
1.6.3.1 Material protésico: pesas-----	66
1.6.3.2 Mallas sintéticas-----	67
1.6.3.3 Toxina botulínica-----	68
1.7 Evolución clínica tras la reconstrucción dinámica de la parálisis facial-----	68
2. Hipótesis y objetivos-----	71
2.1 Hipótesis-----	72
2.2 Objetivos-----	73
3. Material y método-----	74
3.1 Muestra cadavérica: número, sexo, lado-----	75
3.2 Material quirúrgico -----	76
3.3 Disección anatómica -----	77
3.3.1 Exposición del músculo masetero-----	78
3.3.2 Desinserción del músculo masetero y descripción de las relaciones del nervio maseterino en la escotadura mandibular ---	78
3.3.3 Descripción del músculo masetero-----	82
3.3.4 Disección intramuscular del nervio maseterino y sus ramas-----	82
3.3.5 Descripción de las relaciones del nervio con la arteria maseterina en su trayecto intramuscular-----	82

3.3.6	Localización de la rama del nervio maseterino que inerva el fascículo superficial del músculo masetero: anatomía topográfica-----	84
3.3.7	Obtención de muestras del nervio maseterino-----	87
3.3.8	Exposición y obtención de la rama anterior del nervio obturador para el músculo gracilis-----	87
3.4	Inmunohistoquímica-----	90
3.5	Estadística-----	92
4.	Resultados-----	94
4.1	Disección -----	95
4.1.1	Número de fascículos del músculo masetero -----	95
4.1.2	Medidas del nervio maseterino y sus ramas -----	95
4.1.3	Localización de la rama del nervio maseterino que inerva el fascículo superficial del músculo masetero: anatomía topográfica-----	110
4.1.4	Relaciones entre el nervio maseterino y la arteria maseterina ---	112
4.1.5	Recorrido intramuscular del nervio maseterino-----	117
4.2	Inmunohistoquímica -----	123
4.2.1	Inmunohistoquímica del nervio maseterino -----	123
4.2.2	Inmunohistoquímica del nervio obturador -----	127
4.3	Análisis estadístico -----	129
5.	Discusión -----	132
5.1	Elección del colgajo muscular -----	143
5.2	Elección del nervio motor para la reinervación muscular -----	145

5.3 Músculo masetero -----	146
5.4 Medidas del nervio maseterino y sus ramas -----	149
5.5 Localización de la rama del nervio maseterino que inerva el fascículo superficial del músculo masetero: anatomía topográfica -----	153
5.6 Relaciones entre el nervio y la arteria maseterina -----	155
5.7 Recorrido intramuscular del nervio maseterino -----	157
5.8 Carga axonal de los nervios maseterino y obturador -----	159
5.9 Consideraciones metodológicas -----	168
6. Conclusiones -----	170
7. Bibliografía -----	173

## Resumen

**1. Introducción.** La parálisis facial es una de las patologías más devastadoras para el ser humano debido a sus secuelas, no solamente por las alteraciones en el funcionamiento del nervio facial, sino por la importancia que tiene el rostro para nuestra identidad y habilidad para interactuar con otras personas. Las secuelas de la parálisis facial han sido siempre un reto para los cirujanos reconstructores. El término *cirugía de reanimación facial* engloba numerosos procedimientos quirúrgicos reconstructivos dirigidos a la restauración de la función, simetría y estética facial. En los casos donde es necesario realizar una transferencia muscular por atrofia de la musculatura facial intrínseca, la elección del nervio donante motor para el músculo trasplantado ha sido motivo de numerosas investigaciones. El nervio maseterino desempeña un papel destacado como nervio motor, por ello pretendemos realizar un estudio anatómico e histológico del mismo, y de las estructuras que se relacionan con él, para mejorar su eficacia en la cirugía de la parálisis facial.

**2. Hipótesis y objetivos.** 2.1 Hipótesis: 1. La longitud del nervio maseterino es constante y suficientemente larga para poder realizar anastomosis término-terminales de dicho nervio con otros nervios motores para la rehabilitación dinámica de la parálisis facial. 2. La presencia de ramas exclusivas para la inervación de los distintos fascículos musculares permitiría seleccionar una de ellas para realizar con eficacia las anastomosis nerviosas, sin sacrificar la inervación del resto de los fascículos musculares del músculo masetero. 3. Trazando unas líneas de referencia que van del gonion al origen del arco cigomático y de la comisura bucal al cóndilo mandibular, podríamos localizar con

precisión la rama del nervio maseterino que entra en el fascículo superficial del músculo masetero para ser utilizada como nervio motor donante de axones en la cirugía de la parálisis facial. 4. La carga axonal motora del nervio maseterino es similar a la del nervio obturador que inerva el músculo *gracilis*. Por ello podría utilizarse alguna de las ramas principales del nervio maseterino como nervio motor donante con el fin de preservar parte de la innervación del músculo masetero manteniendo una carga axonal eficaz para el funcionamiento del músculo gracilis. 5. La carga axonal motora del nervio maseterino varía a lo largo del mismo. Dicha carga sería mayor en los segmentos proximales que en los distales.

2.2 Objetivos: 1. Describir las características morfológicas y las relaciones anatómicas que presenta el nervio maseterino a su paso por la escotadura mandibular y en su recorrido intramuscular por el músculo masetero, para su utilización como nervio motor donante en el tratamiento de la parálisis facial. 2. Describir unas líneas de referencia para facilitar la localización del nervio maseterino en la cirugía de reanimación facial. 3. Cuantificar mediante técnicas de inmunohistoquímica la carga axonal motora que presenta el nervio maseterino, en diferentes segmentos de su trayecto y ramificación. 4. Cuantificar mediante técnicas de inmunohistoquímica la carga axonal motora que presenta el nervio obturador, que inerva el músculo gracilis, en la entrada al mismo. 5. Comparar la carga axonal motora del nervio obturador respecto a los distintos segmentos del nervio maseterino.

**3. Material y método.** El estudio ha sido realizado en 52 cadáveres (14 mujeres y 30 hombres), con un total de 58 mitades de cabeza (23 derechas y 35 izquierdas) y en 13 miembros inferiores. El estudio de la carga axonal motora se ha realizado

mediante la detección por inmunohistoquímica de la enzima acetilcolintransferasa (ChAT). Para ello se extrajeron, a diferentes niveles del tronco principal o de las diferentes ramas del nervio, segmentos del nervio maseterino. Así, la muestra de cada nervio etiquetada como “I” correspondió a la entrada del nervio en el músculo, es decir, al tronco principal del nervio antes de dar su primera rama; la muestra etiquetada como “II” correspondió al segmento de nervio inmediatamente posterior a dar su primera rama: la muestra etiquetada como “III” corresponde a la primera rama intramuscular del nervio; finalmente, la muestra etiquetada como “IV” correspondió al segmento de nervio inmediatamente posterior a dar su segunda rama. Para el análisis de la rama anterior del nervio obturador del músculo *gracilis* se realizó una disección y toma de muestra del mismo a su entrada al músculo.

**4. Resultados.** El músculo masetero presenta tres fascículos musculares (tipo II) en el 55% de los casos, 2 fascículos (tipo I) en el 36% y 2 fascículos con un tendón intermedio (tipo III) en el 9%. La longitud total del nervio maseterino es de  $33,97 \pm 7,48$  mm. La distancia de origen de la primera y segunda rama intramuscular es de  $12,65 \pm 4,71$  mm y  $17,54 \pm 6,41$  mm respectivamente. El número de ramas intramusculares del nervio maseterino es de  $6,10 \pm 1,52$ . En cuanto a la localización de la rama del nervio maseterino que inerva el fascículo superficial del músculo masetero; encontramos que se ubica en el 35,3% de los casos en la intersección de dos líneas de referencia que unen el gonion con el origen del arco cigomático y la comisura bucal con el cóndilo mandibular y en otro 35,3% de casos, dicho segmento aparece en el cuadrante antero-superior. La arteria maseterina penetra en el músculo masetero anterior al nervio maseterino en el 61% de los casos y en su trayecto intramuscular cruza al nervio maseterino en todos los casos

realizándolo por delante en el 95 % de los casos. El recorrido intramuscular del nervio maseterino se realiza en el fascículo profundo en el 47,3% de los casos y entre el fascículo profundo y superficial en el 36,8% de los casos. El nervio maseterino presenta una media de carga axonal motora (axones ChAT positivos) de 640 en el segmento I, 527 en el segmento II, 423 en el segmento III y 216 en el segmento IV. El nervio obturador presenta una media de carga axonal motora de 352.

**5. Conclusiones:** 1. En nervio maseterino presenta una longitud media de  $33,97 \pm 7,48$  mm desde la escotadura mandibular hasta la entrada de la rama distal en el fascículo muscular superficial. La longitud media del nervio maseterino hasta el origen de la primera rama es  $12,65 \pm 4,71$  mm, mientras que la longitud media hasta la segunda rama es  $17,54 \pm 6,41$  mm. Dichas medidas permiten utilizar un segmento de nervio maseterino con una longitud óptima para realizar anastomosis nerviosas con el fin de realizar reparaciones dinámicas de la parálisis facial mediante colgajos libres microvascularizados y neurotizados. Estos hallazgos nos permiten confirmar además que es posible realizar anastomosis término-terminales entre el nervio maseterino y el nervio motor del músculo trasplantado respetando alguna de las ramas principales del propio nervio maseterino, lo cual evita una atrofia completa del propio músculo. 2. La arteria maseterina penetra en el músculo masetero anterior al nervio maseterino a nivel de la escotadura mandibular en el 61 % de los casos. En el 39 % de casos restantes se localiza posterior al mismo. La arteria maseterina cruza al nervio maseterino en su trayecto intramuscular. En el 95% de los casos lo realiza por delante del nervio. 3. El músculo masetero presenta tres fascículos musculares (tipo II) en el 55 % de los casos; dos fascículos musculares (tipo I) en el 36 % de los casos y dos fascículos

musculares con un tendón intermedio (tipo III) en el 9 % de los casos. 4. Las líneas de referencia que unen el gonion con el arco cigomático y la comisura bucal con el cóndilo mandibular dividiendo al músculo masetero en cuatro áreas nos permiten localizar con certeza la rama del nervio maseterino que inerva el fascículo superficial del músculo masetero. En el 35,3% de los casos este segmento del nervio se localiza en la intersección de las dos líneas de referencia. En un 35,3% de casos, dicho segmento aparece en el cuadrante antero-superior. 5. El nervio maseterino en los segmentos I, II y III presenta una carga axonal motora mayor que la del nervio obturador, aunque únicamente se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar la carga axonal motora del segmento I del mencionado nervio con la del nervio obturador. También se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las cargas axonales del segmento IV del nervio maseterino y nervio obturador, pero en este caso, el valor medio de la carga axonal era menor en el segmento IV que en el nervio obturador. Estos hallazgos permiten afirmar que las anastomosis término-terminales del nervio maseterino y el nervio obturador han de ser realizadas en los segmentos I, II o III preferentemente. No obstante sería ideal realizar la neurotomía del nervio maseterino en el segmento II, para respetar la inervación de los fascículos profundos. En este caso, la carga axonal motora del nervio maseterino es equivalente o mayor que la del nervio obturador.



## Summary

1. **Introduction.** Facial paralysis is one of the most devastating conditions for human beings because of its sequelae, not only with respect to changes in the functioning of the facial nerve but also due to the importance of the face as an index of our identity, and our ability to interact with others. The consequences of facial paralysis have always been a challenge for reconstructive surgeons. The term *facial reanimation surgery* includes a variety of surgical procedures aimed at restoring function, symmetry and facial aesthetics. In those cases in which intrinsic facial muscle atrophy demands a muscle-transfer procedure, the choice of the donor nerve has been the focus of many studies. The masseteric nerve carries out an important role as a motor nerve, and for this reason we intend to carry out a study of the anatomical and histological characteristics of said nerve and of the structures related to it aimed at improving its use in the surgical treatment of facial paralysis.

2. **Hypothesis and objectives.** 2.1. Hypothesis: 1. The length of the masseteric nerve is constant and sufficient for end-to-end anastomoses to other motor nerves in dynamic reconstruction of facial paralysis. 2. The existence of specific branches that are responsible for the innervation of the different muscle fascicles allows the use of just one of them for the anastomosis, thus preserving innervation to the rest of the muscle fascicles avoiding the loss of masseteric muscle function. 3. Drawing a line from the gonion to the origin of the zygomatic arch and another from the comisure of the mouth to the mandibular condyle we can find with precision the branch of the masseteric nerve that enters the superficial fascicle of the muscle for its use as a donor nerve in facial paralysis surgery. 4. The axonal load of the

masseteric nerve is similar to that of the obturator nerve, responsible for the innervation of the gracilis muscle. For this reason some of the main branches of the masseteric nerve could be used as donor nerves, thus preserving masseteric function as well as achieving enough axonal load for the transposed gracilis muscle to function correctly. 5. The axonal load of the masseteric nerve varies along its course. The number of motor axons is higher in proximal segments than distally.

2.2. Objectives: 1. To describe the morphological characteristics and anatomic relations of the masseteric nerve as it passes through the mandibular notch and along its intramuscular course for its use in the treatment of facial paralysis. 2. To draw a set of reference lines that will help in the localization of the masseteric nerve during facial reanimation surgery. 3. To quantify with immunohistochemical techniques the axonal load of the masseteric nerve at different points along its course and of its main branches. 4. To quantify with immunohistochemical techniques the axonal load of the obturator nerve, which is responsible for the innervation of the gracilis muscle, at the point it enters said muscle. 5. To compare the axonal load of the obturator nerve with respect to the different measured points of the masseteric nerve.

**3. Materials and methods.** The study has been carried out on 52 cadavers (14 female and 30 male), with a total of 58 half-heads (23 right and 35 left) and 13 lower limbs. The study of the axonal load has been performed by detection of the enzyme acetylcholinesterase (ChAT) with immunohistochemical techniques. To perform this study, segments of the masseteric nerve were dissected at different points of the main trunk and branches. Thus, for each nerve the specimen we have called "I" corresponds to the segment at the entrance of the nerve into the muscle,

the main trunk before it gives its first branch, the specimen we have called "II" corresponds to the segment immediately distal to the first branch, the specimen we have called "III" corresponds to the first intramuscular branch and finally, the specimen we have called "IV" corresponds to the segment of nerve immediately distal to the second branch. For the analysis of the anterior branch of the obturator nerve of the gracilis muscle, the dissection and extraction were performed at the point of entrance to the muscle.

4. **Results.** The masseteric muscle has three fascicles (type II) in 55% of the cases, two fascicles (type I) in 36% of cases and two fascicles with an intermediate tendon (type III) in 9% of the cases. The total length of the masseteric nerve is  $33.97 \pm 7.48$ mm. The distance to the origin of the first and second intramuscular branches is  $12.65 \pm 4.71$  mm and  $17.54 \pm 6.41$  mm respectively. The number of intramuscular branches of the masseteric nerve is  $6.1 \pm 1.52$ . Regarding the branch of the masseteric nerve that is responsible for the innervation of the superficial fascicle of the muscle we find that in 35.3% of the cases it is located at the intersection between a line from the gonion to the origin of the zygomatic arch and another from the comisure of the mouth to the mandibular condyle and in 35.3% of the cases said segment is found in the upper-anterior quadrant. The masseteric artery enters the masseteric muscle anterior to the nerve in 61% of the cases; in all cases it crosses the masseteric nerve at a point along the intramuscular course, anterior to the nerve in 95% of the cases. The intramuscular portion of the masseteric nerve courses within the deep fascicle of the muscle in 47.3% of the cases and between the superficial and deep fascicles in 36.8% of the cases. The masseteric nerve has a mean axonal load (ChAT positive axons) of 640 in segment

I, 527 in segment II, 423 in segment III y 216 in segment IV. The obturator nerve has a mean axonal load of 352.

**5. Conclusions:** 1. The masseteric nerve has a mean length of  $33.97 \pm 7.48$  mm from the mandibular notch to the entrance of the distal branch into the superficial fascicle of the muscle. The mean length of the masseteric nerve from its origin to the point where it gives its first branch is  $12.65 \pm 4.71$  mm, and  $17.54 \pm 6.41$  mm to the second branch. These lengths are ideal for nerve anastomoses, allowing a segment of the masseteric nerve to be used in dynamic reconstruction of facial paralysis with free neurotized flaps. These findings show that it is possible to perform end-to-end anastomoses between the masseteric nerve and the motor nerve of the transferred muscle preserving some of the main branches of the masseteric nerve, and so partially preventing muscle atrophy. 2. The masseteric artery enters the masseteric muscle anterior to the nerve at the mandibular notch in 61% of the cases. In the remaining 39% of the cases it is posterior. The artery crosses the nerve during the intramuscular course. In 95% of the cases at this intersection the artery passes anterior to the nerve. 3. The masseteric muscle has three fascicles (type II) in 55% of the cases, two fascicles (type I) in 36% of the cases and two fascicles with an intermediate tendon (type III) in 9% of the cases. 4. The reference lines from the gonion to the zygomatic arch and from the mouth commissure to the mandibular condyle divide the masseteric muscle into four areas and allow us to locate with precision the branch that is responsible for the innervation of the superficial fascicle. In 35.3% of the cases this branch is located at the intersection between both lines. In 35.3% of cases this segment is located in the antero-superior quadrant. 5. Segments I, II and III of the masseteric nerve have a higher axonal load than the obturator nerve. Statistically significant differences

were only found when comparing the axonal load of segment I of the masseteric nerve and the obturator nerve. Statistically significant differences were also found between segment IV of the masseteric nerve and the obturator nerve, but in this case the mean axonal load value was lower for the masseteric segment than for the obturator nerve. These findings confirm that end-to-end anastomoses between the masseteric and the obturator nerve should preferably use segments I, II or III. However, ideally the masseteric nerve neurotomy should be performed on segment II preserving innervation to the deep fascicles. In this case the mean axonal load of the masseteric nerve is equal or superior to that of the obturator nerve.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La parálisis facial es una de las patologías más devastadoras para el ser humano, no solamente por las alteraciones en el funcionamiento del nervio facial, sino por la importancia que tiene el rostro para nuestra identidad y habilidad para interactuar con otras personas. Por este motivo, el tratamiento está dirigido a la recuperación del aspecto funcional, estético y psicológico.

El nervio facial es responsable de proporcionar el tono facial y el movimiento necesario para la protección ocular, el flujo nasal, la articulación de la palabra y la continencia oral (1-3). Por otro lado, la interacción psicosocial del individuo está influida por la actividad de la musculatura de la mímica facial (4). La expresión facial comunica pensamientos y emociones y juega un papel importante en la relación bidireccional con el mundo que nos rodea (5-7). Por tanto, cuando una persona padece una parálisis facial, las preocupaciones que se encuentra también son multidimensionales. Estas preocupaciones pueden variar desde el estrés emocional hasta problemas físicos tales como la pérdida de alimentos por la boca y la dificultad en la comunicación, que derivan en una disminución de las interacciones sociales (8-11).

Los pacientes con parálisis facial pueden ser percibidos como “diferentes” y enfrentarse a una discriminación social (12). Una de las respuestas más comunes del ser humano ante este tipo de relaciones interpersonales es evitar la interacción social, llegando incluso al aislamiento social (13). Estos hechos vienen corroborados por alta incidencia de síntomas de depresión en personas con alguna alteración neuromotora facial, cuya incidencia es entre 3 y 5 veces superior a la población en general (14). Específicamente, la incapacidad para sonreír es uno de los predictores más importantes de depresión en estos pacientes (15). Además,

cualquier alteración de la estética facial está frecuentemente asociada con una alteración de la imagen personal que incluye cambios de la imagen corporal y disminución de la autoestima (16). En relación a lo mencionado, se ha documentado que los individuos atractivos son más propensos a tener una alta autoestima, alcanzar niveles más altos de satisfacción en relación a lo académico y profesional, una vida sexual satisfactoria, y por lo tanto un alto nivel de calidad de vida (17). Por lo cual es razonable concluir que el hecho de padecer cualquier alteración de la motilidad facial incrementa el riesgo de disminuir la calidad de vida (18).

Está descrito en la literatura que el principal predictor de discapacidad social en pacientes con parálisis facial es el estrés psicológico, en mayor grado incluso que la propia alteración funcional del nervio facial (14). Bradbury y cols. (19), en un estudio retrospectivo con 106 pacientes sometidos a cirugía de reanimación facial mediante reconstrucción con colgajo microquirúrgico en 2 tiempos, hallaron que la principal motivación para la cirugía estuvo relacionada con los problemas psicosociales que conlleva esta enfermedad. Los problemas funcionales fueron menos importantes como factores de motivación para la búsqueda de la cirugía. Además, hallaron una relación significativa con la depresión, es decir, aquellos pacientes con un cuadro clínico de depresión previa a la cirugía presentaron tasas más altas de insatisfacción con el resultado final, por lo cual recomendaban que los pacientes deberían pasar por un proceso de evaluación para detectar este tipo de problemas, y ser referidos para el tratamiento oportuno con el fin de beneficiarse al máximo con la cirugía reconstructiva. Por lo tanto, el estrés psicológico, más que el déficit funcional, ha sido determinante como factor crítico para predecir una discapacidad social y ser una razón determinante para plantear la cirugía (20-22).



Las secuelas de la parálisis facial han sido siempre un reto para los cirujanos reconstructores. El término "*cirugía de reanimación facial*" engloba numerosos procedimientos quirúrgicos reconstructivos dirigidos a la restauración de la función, simetría y estética facial (23-29).

Dentro de los grandes avances en el tratamiento de la parálisis facial en las últimas décadas, ha sido fundamental el mejor conocimiento de la fisiología y la rehabilitación del sistema neuromuscular (30-33). Además las técnicas microquirúrgicas de reconstrucción neuromuscular se han beneficiado estos conocimientos (34); sin embargo, aún existen muchas dificultades que resolver para obtener una rehabilitación integral de esta patología.

En los casos donde no se puede reparar el nervio facial lesionado y es necesario realizar una transferencia muscular por atrofia de la musculatura facial intrínseca; la elección del nervio donante motor para el músculo trasplantado ha sido motivo de numerosas investigaciones (26).

Durante gran parte de finales del siglo XX, se ha considerado al nervio facial sano contralateral como el nervio donante "ideal" para este propósito. Una de las principales razones para esta elección es la posibilidad de aportar a la musculatura trasplantada un impulso nervioso simétrico con el movimiento de la musculatura del lado sano de la cara, siendo este un impulso espontáneo e inconsciente (35-37). Sin embargo, en muchos casos los resultados observados en relación al movimiento de excursión de la musculatura facial están aún lejos de aportar una simetría del movimiento facial. En este contexto el uso del nervio maseterino como nervio motor donante de los músculos trasplantados representa una alternativa

que se puede considerar actualmente como técnica de primera elección para este tipo de pacientes.

En el presente estudio hemos realizado un análisis morfológico del nervio maseterino centrándonos, en las relaciones anatómicas que presenta desde su paso por la escotadura mandibular hasta su discurrir intramuscular en el músculo masetero para resaltar sus aplicaciones clínicas en el campo de la reconstrucción dinámica de parálisis facial. Además hemos cuantificado la carga axonal motora que presenta para su comparación con la carga axonal del nervio obturador del músculo *gracilis*, uno de los principales músculos utilizados en esta técnica (38-39)

### **1.1 Parálisis facial: antecedentes históricos**

En el año 1821 Sir Charles Bell (1) publicó en la Royal Society su obra titulada "*On the Nerves; Giving an Account of some Experiments on Their Structure and Functions, Wich Lead to a New Arrangement of the System*", en la cual demostró, por primera vez de forma científica, que la sección del séptimo par craneal es la causa principal de la pérdida de los movimientos de los músculos de la mímica facial.

Sin embargo, el concepto de la parálisis facial como enfermedad se remonta a muchos siglos atrás. En el artículo publicado por Resende y Weber (40) se describieron excelentes ejemplos de personas con parálisis facial en las antiguas esculturas grecorromanas. En la cultura egipcia se encontraron representaciones de las distintas formas de presentación de la parálisis facial, mediante efigies de más de 4000 años de antigüedad. Además, en culturas como la incaica, en la época precolombina, se describieron varios ejemplos escultóricos que representan esta patología. Se puede considerar que Avicena (980-1037) fue el autor de los

primeros escritos médicos que se conservan sobre la parálisis facial. En el quinto libro de su "*Canonis Medicinae*" describió la etiología, el pronóstico y la terapia. Como causas enumeró los traumatismos cerebrales, los tumores y la sección del nervio facial. El autor afirmaba que "si la enfermedad dura más de 6 meses no debe esperarse recuperación" y "si la causa era una sección del nervio la única solución era la sutura de los cabos proximal y distal" (40).

Dos famosos cirujanos reconstructivos faciales de origen alemán, Johann Friedreich Dieffenbach y Bernhard von Langenbeck, publicaron su trabajo, posteriormente al estudio publicado por Sir Charles Bell (41). Estos cirujanos aplicaron la técnica de miotomía subcutánea en los músculos faciales sanos para restablecer el balance en los pacientes con parálisis facial de larga evolución. Por lo tanto se podría concluir, para los anales de la historia, que Dieffenbach y von Langenbeck fueron los primeros en desarrollar una técnica quirúrgica para el tratamiento de la parálisis facial. Otto Neubaur fue el autor, en 1848, de la primera tesis doctoral en la historia en la cual se discute una técnica quirúrgica para el tratamiento de la parálisis facial. Su trabajo, publicado en latín, fue titulado: "*de paralysis nervi facialis et de myotomia in casibus inveteratis*" (sobre la parálisis del nervio facial y la miotomía en los casos irreversibles) (42). En 1903, Sir Charles Ballance y cols. (43) realizaron la primera transferencia nerviosa, mediante una neurotomía sagital parcial del nervio espinal y la sutura termino-terminal con el cabo distal del nervio facial seccionado. Posteriormente, en 1924, describieron la transferencia nerviosa al nervio facial utilizando diferentes nervios craneales, entre ellos el V par craneal, concluyendo que la anastomosis termino-terminal del nervio facial con el nervio glossofaríngeo era la técnica de elección para la reconstrucción de pacientes con parálisis facial (44). En 1908, Lexer (45) fue el primero,

probablemente, en realizar una trasposición de los músculos de la masticación para corregir las secuelas de la parálisis facial. Posteriormente, durante el inicio del siglo XX se desarrollaron procedimientos estáticos como la escisión de tejido o los injertos autólogos de *fascia lata* para el soporte del área nasolabial (46). En 1958, Norman Dott (47) utilizó un injerto de nervio sural para reconstruir un defecto intrapetroso resultante de la extirpación de un neurinoma del nervio acústico uniendo el muñón intracraneal con el nervio facial extracraneal.

El avance en el campo de la cirugía reconstructiva de la parálisis facial, así como en la mayoría de áreas quirúrgicas, está ligada indefectiblemente a la introducción de la microcirugía como técnica quirúrgica (48-54). En el año 1960 Jacobson y Suarez (48) realizaron la primera anastomosis microvascular utilizando un microscopio quirúrgico. Este evento histórico marcó un punto de inflexión en el posterior desarrollo de la microcirugía vascular. Sin embargo, fueron personajes como Alexis Carrel (49) en 1902, mediante la descripción de su método de triangulación para la anastomosis termino-terminal, Höpner (50) en 1903, quien realizó el primer reimplante experimental de miembros en animales y Guthrie (51) en 1912, mediante sus trabajos en trasplantes de órganos en animales, quienes sentaron las bases para el desarrollo de la microcirugía vascular. El trabajo de Alexis Carrel (49) le sirvió para recibir en el año 1912 el Premio Nobel.

El término anastomosis tiene su origen etimológico en el griego *anastómōsis* ἀναστόμωσις [*aná* ἀνά gr. 'de nuevo' (sign. 1 'hacia arriba') + *-stom-* -στομ- gr. 'formación quirúrgica de un orificio' (sign. 1 'boca') + *-o-sis* gr. 'proceso']. Por tanto, la definición de anastomosis es la unión de estructuras huecas, como son vasos sanguíneos o vísceras. Por otro lado, en caso de unión de estructuras

macizas, como son los nervios, debe denominarse conexión. Una vez que queda claro la definición de los términos anastomosis y conexión, queremos exponer que en la presente tesis utilizaremos indistintamente ambos términos, puesto que en la clínica está extendido el uso de la palabra anastomosis para denominar la unión de dos estructuras nerviosas.

En la década de 1960, Buncke y cols. (55-57) realizaron numerosos experimentos en el campo de reimplantes y trasplante de órganos en animales. Es por ello que Buncke se considera “el padre de la microcirugía”.

Los avances en la cirugía del nervio periférico ocurrieron de forma paralela con el progreso de la microcirugía vascular. A partir de 1964 se empezaron a publicar los primeros trabajos sobre las técnicas de reparación nerviosa microquirúrgica (58-61). En el año de 1970 Tamai y cols. (62) publicaron su trabajo en la transferencia muscular libre con anastomosis microneurovascular en perros. Este trabajo fue el primero en la literatura sobre la transferencia completa de un músculo mediante técnicas microquirúrgicas en animales. Se realizaron un total de 40 transferencias musculares, utilizando el recto femoral como músculo donante, realizando trasplantes ortotópicos y heterotópicos. En el seguimiento, durante un máximo de 9 meses, se realizaron evaluaciones de los músculos trasplantados con microscopía óptica, microscopía electrónica y electromiografía, demostrando recuperación funcional del tejido trasplantado, con lo cual sugirieron la posibilidad de su aplicación en la práctica clínica.

En 1971 Thompson (63) realizó la primera transferencia de un tejido muscular para la reanimación de la parálisis facial de forma experimental y clínica, aunque en este caso se trató de una transferencia no vascularizada, y previamente denervada.

El grupo de investigación liderado por Buncke en San Francisco, fascinado por el trabajo de Tamai, diseñó un modelo experimental en monos *Rhesus*, trasplantando la cabeza lateral del músculo *gastrocnemius* al grupo muscular extensor del antebrazo de dicho animal. Este músculo fue innervado mediante un injerto nervioso de gran longitud desde el codo hasta el nervio toracodorsal en el hombro (64). Durante la década de 1970, continuando con la línea de investigación de los trabajos de Tamai y cols. (62) y Thompson (63), se presentaron los primeros resultados de casos clínicos de pacientes con parálisis facial tratados con transferencia libre de injertos compuestos con conexión microneural directa de su pedículo nervioso, utilizando como nervio dador al nervio facial sano contralateral.

Scaramela (66) y Smith (67) introdujeron en el campo de la cirugía reconstructiva el concepto del “injerto nervioso facial cruzado”, en el cual mediante un injerto de interposición se conectan ramas del nervio facial sano al nervio facial del lado contralateral paralizado.

La técnica del injerto nervioso facial cruzado fue modificada por Anderl (68) realizando dicha técnica en dos tiempos quirúrgicos. El principio básico era el mismo que sus predecesores, es decir, redirigir la regeneración utilizando la reserva nerviosa del lado sano, es decir, dirigir el nervio facial sano contralateral hacia el lado paralizado a través de un injerto nervioso. Anderl consideraba que la realización de dos conexiones en un solo tiempo quirúrgico lleva consigo el peligro de la formación de cicatrices en la conexión nerviosa del lado paralizado, lo que detendría o dificultaría el crecimiento axonal. Por ello, en el segundo tiempo quirúrgico, antes de realizar la conexión con el nervio facial paralizado, se realizaba la resección del neuroma del extremo distal del injerto nervioso.

La primera aplicación clínica de una transferencia muscular libre con anastomosis microneurovascular para la reconstrucción dinámica de la parálisis facial unilateral fue realizada por Kiyonori Harii y cols. (69) y publicada en 1976. En la publicación de su trabajo presentó dos casos clínicos de pacientes con parálisis facial unilateral por secuelas de Parálisis de Bell. El músculo utilizado para la transferencia fue el *gracilis* con su pedículo vasculonervioso.

En el año 1978 Melvin Spira (70) introdujo en el campo de la reanimación dinámica de la parálisis facial el uso del nervio maseterino como nervio donante mediante su anastomosis a la división baja del nervio facial. En su trabajo original publicó tres casos clínicos de parálisis facial periférica unilateral como secuelas de la extirpación de un neurinoma del nervio acústico, de los tres casos, solamente uno se realizó con el uso de un microscopio quirúrgico, los otros dos se realizaron con magnificación óptica. Además, se hizo un seguimiento de solo tres meses y medio desde la sección del nervio facial y la reconstrucción con el nervio maseterino. En el único caso donde se utilizó el microscopio quirúrgico fue el que presentó la mayor mejoría clínica. Spira describió como ventaja de este procedimiento su relativa poca complejidad y la posibilidad de realizarlo en un solo tiempo quirúrgico, lo cual conlleva una baja morbilidad y puede ser empleado junto con otras técnicas estáticas adyuvantes para la reanimación facial. Como desventajas menciona la pérdida de la función del músculo masetero, y la necesidad de reeducación de la vía neural para poder mover la musculatura facial de forma coordinada.

En el año 1979 Harii (71) publicó su trabajo sobre la reconstrucción dinámica de la parálisis facial, basado en sus estudios previos y en la aplicación del concepto

introducido por Anderl (68) sobre la utilización del injerto nervioso facial cruzado en 2 tiempos quirúrgicos. En el segundo tiempo quirúrgico, aproximadamente entre seis y ocho meses después, se expuso el extremo distal del injerto nervioso para la anastomosis. En el trabajo se describieron un total de 18 músculos trasplantados; 12 *gracilis*, 4 *latissimus dorsi* y 2 *extensor digitorum brevis*. Debemos resaltar que 3 de los músculos *gracilis* trasplantados se reinervaron mediante un injerto nervioso facial cruzado. Se realizó un seguimiento clínico, electromiográfico e histológico. En el año 1980 O'Brien y cols. (72) publicaron un trabajo que continuaba la línea de investigación de Harii (71). En su estudio realiza la reanimación dinámica de la parálisis facial mediante el injerto nervioso facial cruzado y la transferencia muscular microquirúrgica en 2 tiempos quirúrgicos. En un total de 20 pacientes se comparan los resultados de la transferencia del músculo *extensor digitorum brevis* (8 pacientes) y del *gracilis* (12 pacientes). El injerto nervioso utilizado procedía del nervio sural. Se concluyó que el músculo *gracilis*, para los casos de parálisis facial unilateral con esta técnica en dos tiempos quirúrgicos y el injerto cruzado de nervio facial, podría proporcionar una adecuada reconstrucción de los dos tercios inferiores del lado paralizado. En el año 1982 Terzis y Manktelow (73) introdujeron un nuevo concepto en la reanimación dinámica de la parálisis facial mediante el uso del músculo pectoral menor. Las ventajas de este músculo se basaban, además de en su forma, tamaño y grosor, en su inervación dual, que permite el movimiento independiente de su mitad superior e inferior, con lo cual se podría utilizar una mitad para el cierre ocular y la otra mitad para la elevación de la comisura de la boca, siempre que se realizaran dos injertos cruzados de nervio facial independientes. Las dificultades técnicas durante



la disección del pedículo neurovascular desalentaron su utilización por parte de otros cirujanos.

Paralelamente a los trabajos anteriormente comentados, en el año 1984 Manktelow y cols. (25,74) desarrollaron el principio de “minitransferencia” o “transferencia muscular según el territorio de inervación fascicular” como solución al problema que lleva consigo la transferencia de un colgajo voluminoso en el tercio medio facial. En su trabajo (74) presentó el caso clínico de una mujer con parálisis facial periférica unilateral como secuela a la extirpación de un fibrosarcoma en la mejilla. Para la reconstrucción utilizó la transferencia de parte del músculo *gracilis* basado en la distribución de su inervación y vascularización.

Feng y cols. (79) demostraron que un músculo trasplantado con una reinervación motora en el mismo acto quirúrgico pierde aproximadamente el 50% de su masa muscular a los seis meses, y en los músculos trasplantados sin reinervación la pérdida de la masa muscular es de aproximadamente el 70% en ese mismo período. Teniendo en consideración estos resultados, el músculo trasplantado en las técnicas de reconstrucción dinámica de la parálisis facial en dos tiempos quirúrgicos donde no hay una reinervación motora inmediata va a perder más de las dos terceras partes de su volumen al cabo de 6 meses. Este problema fue parcialmente resuelto mediante la aplicación de la técnica de reconstrucción “babysitter” (80,81) introducida por Julia Terzis. Por este motivo se realizaron estudios para la transferencia muscular en un único tiempo quirúrgico (75-77).

## **1.2 Anatomía y fisiología de los nervios facial y maseterino**

Los nervios craneales forman parte del sistema nervioso periférico, emergen a través de los forámenes de la base del cráneo y continúan hasta los músculos y la piel. La corteza cerebral regula estos nervios craneales a través de las fibras corticonucleares y sus respectivos núcleos subcorticales; por un lado puede actuar sobre ellos de forma minimizadora e inhibitoria y por otro se desprende de la corteza un tono excitatorio constante por el que se promueven los movimientos rápidos y repentinos (82). El nervio facial y trigémino (así como el nervio vago y el nervio accesorio) se desarrollan a partir de los nervios de los arcos faríngeos. Los músculos inervados por estos nervios (músculo estriado de la faringe, de la cavidad bucal y de la mímica facial), a diferencia del músculo estriado verdadero, no responden totalmente a la voluntad (83).

### **1.2.1 Nervio facial**

El nervio facial (VII par craneal) es el responsable de la inervación de los músculos de la mímica facial, además de proporcionar la inervación del músculo estilohioideo, del vientre posterior del músculo digástrico y del estribo. Además de este componente motor, el nervio facial tiene un componente sensitivo y un componente autónomo. El componente sensitivo es de dos tipos; 1: especial, que corresponde a la sensibilidad gustativa de los dos tercios anteriores de la lengua y el velo del paladar; 2: general, o sensibilidad cutánea de la zona de Ramsay-Hunt (que comprende una parte del tímpano, el conducto auditivo externo y una parte del pabellón de la oreja). El componente autónomo del nervio facial está destinado a la inervación de las glándulas lacrimales, salivales submandibular y sublingual, y

mucosas del paladar, faringe y nariz (Figura 1). El nervio facial tiene dos raíces, una motora y otra sensitiva y autónoma. Las fibras motoras tienen su origen real en las grandes neuronas multipolares del núcleo del nervio facial, situado en la región caudal del puente; describen un arco alrededor del nervio abducens (rodilla interna del nervio facial) y emergen por la superficie lateral de la médula oblongada, a la altura del borde inferior del puente. La información autónoma y sensitiva está contenida en el nervio intermedio. Las células de las fibras preganglionares secretoras forman el núcleo salival superior. Las fibras gustativas, cuyos cuerpos celulares de origen están ubicados en el ganglio geniculado, terminan en la porción craneal del núcleo solitario. Las fibras visceromotoras y gustativas no forman un arco alrededor del abducens, sino que acompañan a la rama descendente del nervio y emergen del tronco como nervio intermedio entre el nervio facial y el nervio vestibulococlear.

Las dos porciones del nervio penetran en el peñasco del temporal a través del conducto auditivo interno e ingresan en el conducto facial como un tronco común. A nivel de la rodilla del conducto facial está ubicado el ganglio geniculado. El conducto del nervio facial se ubica entonces por encima de la cavidad timpánica y se dirige caudalmente hasta el agujero estilomastoideo. A nivel del conducto facial el nervio suministra las siguientes ramas: nervio petroso mayor, que proporciona fibras para la glándula lagrimal, para la sensibilidad propioceptiva de la musculatura facial y recoge la sensibilidad gustativa del velo del paladar; nervio estapedio, con componente motor que inerva el musculo estapedio o musculo del estribo; y de la cuerda del tímpano, que proporciona fibras para las glándulas submaxilar y sublingual y recoge la sensibilidad gustativa de los dos tercios anteriores de la lengua (84,85). La porción extracraneal del nervio facial se inicia a

su salida del agujero estilomastoideo. Tras atravesar el agujero estilomastoideo y dar origen a ramas para el músculo estilohioideo, el vientre posterior del músculo digástrico y el nervio auricular posterior, se hace más superficial ubicándose entre la porción profunda y superficial de la glándula parótida. En esta ubicación el nervio se divide en dos troncos principales y durante su recorrido en la glándula estos troncos continúan su arborización par formar un conjunto de ramas que se clasifican en cinco grupos principales: frontotemporal, cigomático, bucal, marginal mandibular y cervical. Tras atravesar la glándula parótida, el nervio facial puede tener un total de 8 a 15 ramas.

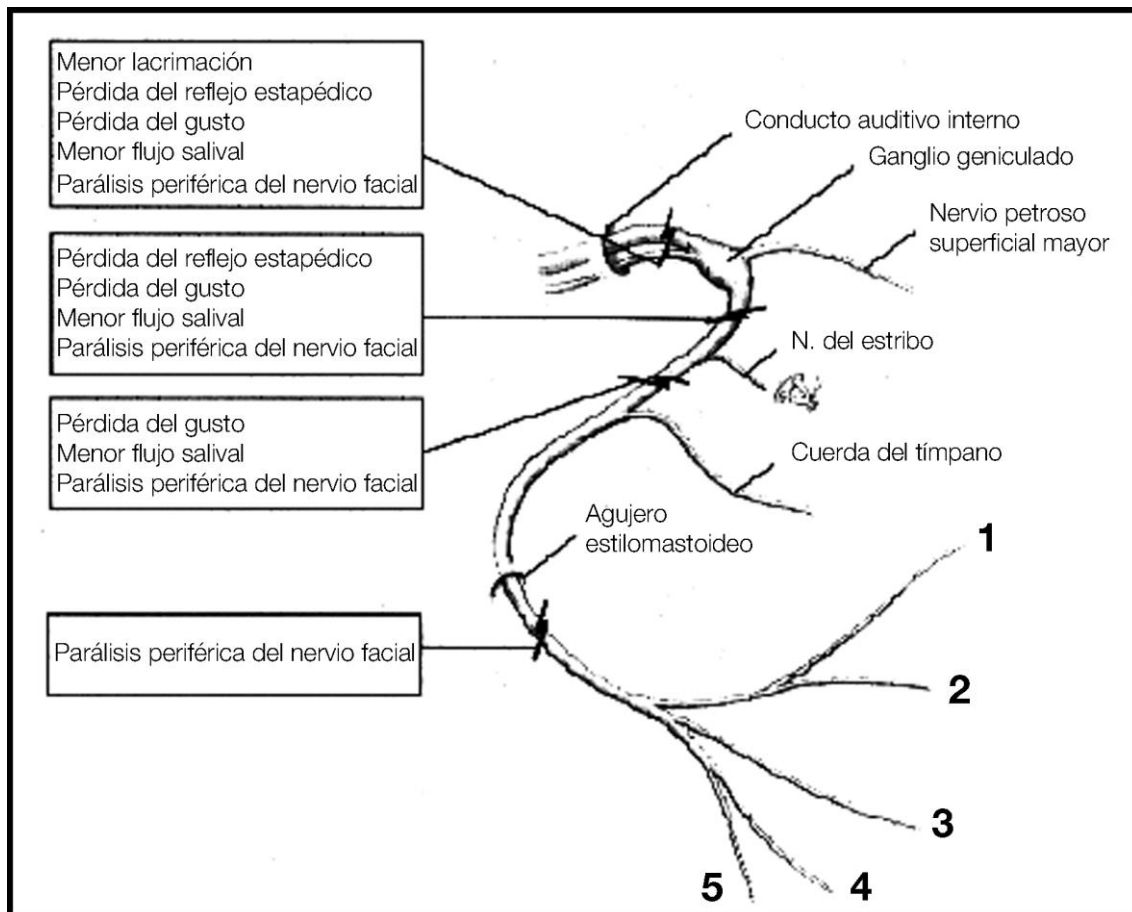


Figura 1. Anatomía del nervio facial. 1: Rama frontotemporal. 2: Rama cigomática. 3: Rama bucal. 4: Rama marginal mandibular. 5: Rama cervical. N: nervio.

Distalmente a estas ramas el nervio facial continúa su arborización e interconexión entre sus ramas terminales. El efecto de esta arborización e interconexión es un alto grado de superposición funcional entre las ramas. Por ejemplo, una única rama zigomático-bucal puede inervar al mismo tiempo al músculo orbicularis oculi y orbicularis ori. La división frontotemporal puede presentar entre tres y cuatro ramas que se dirigen en dirección oblicua a lo largo de la superficie profunda de la fascia temporoparietal después de atravesar el arco cigomático a unos 3-5 cm del margen lateral de la órbita. Las ramas inferiores inervan al músculo orbicularis oculi, recorriendo de 3 a 4 mm por su superficie profunda para penetrar en el músculo para su inervación. Las ramas superiores de esta división frontotemporal penetran en el músculo frontal para su inervación aproximadamente 3 cm por encima del canto lateral del ojo.

La división zigomático-bucal puede presentar entre 8 y 10 ramas con una importante superposición funcional de la musculatura inervada, por lo cual la sección de una o más ramas terminales de esta división podría cursar sin una alteración clínica de la musculatura facial. Estas ramas son las encargadas de la inervación de los músculos elevadores del labio, *orbicularis oris*, bucinador y de la porción inferior del músculo *orbicularis oculi*. Estas ramas se encuentran en el plano de la fascia premasetéica, igual que el conducto de Stenon (84, 85).

La división marginal mandibular se inicia aproximadamente 2 cm por debajo de la rama horizontal de la mandíbula para luego seguir un recorrido en dirección superior y cruzar dicha rama mandibular en su punto medio. Presenta de una a tres ramas que recorren la superficie profunda del músculo platisma y cruzan superficialmente a la arteria y vena facial aproximadamente 3,5 cm del borde de la

glándula parótida. Estas ramas inervan a los músculos depresor del ángulo de la boca, depresor del labio inferior, mentoniano, y una rama variable para el tercio superior del platisma y músculo *orbicularis oris* inferior (84, 85).

La división cervical presenta una rama que atraviesa la glándula parótida muy por debajo del ángulo de la mandíbula y recorre la superficie profunda del músculo platisma, penetrando en el músculo en la unión de su tercio proximal y medio. Este punto de referencia se encuentra entre 2-3 cm caudal a la rama de la arteria facial para irrigar a dicho músculo.

#### 1.2.2 Nervio maseterino

El nervio maseterino es una rama del quinto par craneal, el nervio trigémino. El nervio trigémino es un nervio mixto que posee componentes sensitivos y motores. Los tres núcleos sensitivos forman una columna celular continua que se extiende desde la unión bulboespinal hasta los niveles rostrales del mesencéfalo. El núcleo motor se localiza justo medial al núcleo sensitivo principal, aproximadamente a nivel mediopontino. El núcleo motor del nervio trigémino inerva los músculos derivados del mesodermo paraxial que ha migrado del primer arco faríngeo, de ahí su componente funcional eferente especial. El origen real de la raíz motora del nervio trigémino lo constituyen las motoneuronas que inervan los músculos de la masticación (incluidos los músculos pterigoideos medial y lateral), tensor del velo del paladar, milohioideo y vientre anterior del digástrico, todos en el lado ipsilateral. La raíz motora del nervio trigémino sale del cráneo a través del foramen oval, junto al nervio mandibular. El nervio maseterino es rama del nervio maxilar inferior (nervio mandibular), que a su vez es una de las terminales del

nervio trigémino. El nervio maxilar inferior es la rama terminal más voluminosa del ganglio trigeminal (ganglio de Gasser). En la cara medial del nervio mandibular se encuentra el ganglio ótico (ganglio de Arnold). El nervio mandibular atraviesa el foramen oval para su salida del cráneo, penetra inmediatamente en la fosa infratemporal (pterigomaxilar) donde emite una única rama que es el nervio recurrente meníngeo, teniendo un corto recorrido entre la cara lateral de la fascia interpterigoidea (esta fascia separa el tronco del nervio de la parte alta del espacio perifaríngeo o paraamigdalino) y la cara medial del músculo pterigoideo lateral. Después de atravesar la fosa infratemporal el nervio mandibular se divide en sus ramas colaterales y terminales. Una de las ramas colaterales es el nervio temporomasetérico, el cual se origina de la parte anterior del nervio, se dirige lateralmente, atraviesa la parte alta cribosa de la fascia interpterigoidea en dirección horizontal y se sitúa entre el haz esfenoidal del pterigoideo lateral y la cara inferior del ala mayor del esfenoides para dividirse en el nervio temporal profundo y el nervio maseterino (86-88).

### **1.3 Etiología de la parálisis facial**

Las causas de la parálisis facial son numerosas y muy variadas. Una de las formas más utilizadas de clasificar las causas es describir el lado y las divisiones del nervio facial afectado; a su vez, la etiología se puede dividir en congénita o adquirida. Las formas adquiridas pueden ser neoplásicas, traumáticas, infecciosas y neuromusculares según su naturaleza; además pueden ser divididas por su localización en central, temporal o facial (Tabla 1) (23,29,89). La parálisis facial congénita es debida al trauma durante el parto, y la mayoría de los pacientes se

recuperan en el plazo de un mes (90,91). La parálisis aislada de la división mandibular es una presentación típica, pero la incidencia real es difícil de definir. La parálisis facial sindrómica, o del desarrollo, es infrecuente pero forma parte de las microsomías hemifaciales (92). El síndrome de Möbius es una rara forma congénita de parálisis de nervios craneales que afecta a los nervios facial y abducens, junto con otras anomalías craneales y extracraneales (93). La parálisis de Bell es una parálisis idiopática y representa la causa más frecuente adquirida en adultos, con una incidencia de 1 por cada 5000 personas. Las tres cuartas partes de los pacientes recuperan un funcionamiento normal del nervio, pero una proporción significativa sufre secuelas, tales como debilidad, espasmos hemifaciales o sincinesias (94). El análisis viral del ADN mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR, por sus siglas en inglés) sugiere que esta parálisis está causada por un virus herpes latente; por lo cual, un tratamiento temprano debería basarse en el uso de corticoides y terapia antiviral para una rápida recuperación y minimizaría el déficit residual (95). La eficacia de los fármacos antivirales, como el Aciclovir, ha sido debatida, y al parecer no muestra beneficios sobre la terapia única con corticoides (96). La parálisis facial central, producida por accidentes cerebrovasculares o tumores situados por encima del nivel del núcleo del facial (por encima de la protuberancia), se caracteriza por mantener la inervación del tercio superior de la cara, que tiene un patrón cruzado, de manera que sólo se afecta el territorio facial inferior, manteniéndose la función frontal y palpebral. Es frecuente que exista afectación de otras estructuras corticales, pues es poco probable que una lesión central afecte únicamente a la corteza implicada en la función motora facial. La parálisis facial periférica se produce por lesión de las fibras motoras del nervio facial en cualquier parte de su recorrido desde el



núcleo del facial en el tronco del encéfalo. En estos casos se afectan todos los músculos inervados por el nervio facial de la hemicara correspondiente en grado variable según la intensidad de la lesión. Las lesiones a lo largo de la porción intrapetrosa del nervio facial pueden producir alteración en la producción de lágrimas y saliva, en el gusto y en el reflejo estapedial dando lugar a diferentes patrones de parálisis facial. Los daños distales al agujero estilomastoideo inducen una disfunción selectiva de los músculos faciales. La repercusión de las lesiones a nivel de la porción extrapetrosa depende de la rama afectada.

## **1.4 Diagnóstico de la parálisis facial**

### **1.4.1 Diagnóstico clínico**

La realización de una historia clínica y una exploración física estructurada nos permite planificar un tratamiento preciso y anticipar problemas que pueden exacerbarse por la cirugía. La evaluación de la asimetría y espontaneidad del movimiento facial puede ser realizada mientras se obtiene una historia que puede ser dividida en etiológica, funcional y general. Una vez que la etiología se encuentra establecida, el siguiente paso es comprobar el tiempo transcurrido desde el inicio de la patología, debido a que esto afecta directamente la estrategia quirúrgica empleada (97,98).

Con respecto a la evaluación funcional, un examen estructurado de forma sistemática nos permite obtener la mayor cantidad de datos de las secuelas que presenta el paciente. Una forma de realizar este examen es empezar por la frente y continuar de arriba hacia abajo, obteniendo una historia detallada oftálmica, nasal, de la competencia oral y el habla.

ETIOLOGÍA DE LA PARÁLISIS FACIAL
<p><b>IDIOPÁTICA</b> Parálisis de Bell.</p> <p><b>CONGÉNITA</b> Síndrome de Möbius, distrofia miotónica, síndrome de Melkerson-Rosenthal, microsomíahemifacial, síndrome de Goldenhar (displasia oculoauriculovertebral).</p> <p><b>TRAUMÁTICA</b> Fracturas de base de cráneo, lesiones faciales penetrantes, traumatismos faciales cerrados, uso de fórceps durante el parto.</p> <p><b>NEUROLÓGICA</b> Accidente cerebro-vascular, síndrome de Guillain-Barré, esclerosis múltiple, miastenia gravis, síndrome opercular o perisilviano, síndrome de Millard-Gubler.</p> <p><b>INFECCIOSA</b> Otitis media, otitis externa, mastoiditis, varicela, síndrome de RamsayHunt, encefalitis, poliomielitis, parotiditis, mononucleosis, lepra, influenza, virus Cocksackie, malaria, sífilis, sarcoidosis, enfermedad de Lyme, virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), virus Epstein-Barr.</p> <p><b>METABÓLICA</b> Diabetes mellitus, hipertiroidismo, hipotiroidismo.</p> <p><b>NEOPLÁSICA</b> Neuroma del nervio acústico, colesteatoma, leucemia, hemangioblastoma, tumor del glomus yugular, meningioma, sarcomas, carcinoma epidermoide de oído medio, enfermedad de Albers-Schonberg (osteopetrosis), tumores del nervio facial (cilindromas), schwannomas, teratomas, enfermedad de Hand-Schüller- Christian (histiocitosis de células de Langerhans).</p> <p><b>TÓXICO</b> Talidomida, etilenglicol.</p> <p><b>IATROGÉNICO</b> Bloqueo mandibular anestésico, suero antitetánico, post inmunización del polio, cirugía de glándula parótida, cirugía de mastoides, posttonsilectomía y adenoidectomía, biopsia de la arteria temporal.</p>

Tabla 1. Etiología de la parálisis facial

Finalmente, se explora el impacto estético y psicológico de la parálisis en el paciente, refiriendo al paciente para una evaluación psicológica si fuera necesario. Se realiza, además, una historia médica general para descartar alguna comorbilidad que pueda afectar el plan quirúrgico.

En la exploración de la frente se evalúa la ausencia de arrugas y el grado de ptosis; el párpado superior se examina para descartar dermatocalasia y retracción palpebral. Se le pide al paciente cerrar los ojos para evaluar si existe lagofthalmos. La posición del párpado inferior debe ser evaluada para descartar la presencia de ectropion. A continuación se determina la integridad del globo ocular, y se documenta la presencia del fenómeno de Bell. Se examina la nariz para excluir una obstrucción nasal fija o rinitis, luego se realiza el test de Cottle para determinar el colapso de la válvula nasal. El siguiente paso es evaluar la ptosis del tercio medio facial y la simetría del surco nasolabial. Se examina la boca en reposo, se mide la caída de la comisura oral y la desviación del philtrum hacia el lado contralateral. A continuación se cuantifica el movimiento de la comisura y la exposición de los dientes, además de evaluar la forma de la sonrisa. Examinamos cada división del nervio facial para descartar sincinesias e hipertonicidad. Se realiza la evaluación del habla para tomarla como línea de base para compararlos con los resultados postquirúrgicos. Se examinan los nervios craneales (V, XI, XII par) para establecer su capacidad como potenciales nervios donantes. De forma similar se examinan los vasos faciales y temporales superficiales para evaluar su capacidad como vasos receptores. Dependiendo de la etiología, se solicitan pruebas de imagen para descartar patología maligna o recidiva después de una extirpación tumoral. Finalmente se realizan vídeos y fotografías para un archivo médico. Se pueden solicitar pruebas electrofisiológicas para proporcionar información pronóstica que

pueden ser utilizadas en pacientes con parálisis facial parcial o agudas (menor de 18 meses) pero en principio tienen poco valor en pacientes con una parálisis establecida que han sido referidas para una reconstrucción.

#### 1.4.2 Pruebas complementarias

Los tests de electrodiagnóstico tienen el objetivo de determinar si ha tenido lugar la degeneración del nervio, si existe una pérdida total o parcial de la función y el grado de preservación de la excitabilidad del mismo. Con este tipo de exámenes se puede determinar el pronóstico de la parálisis. La electromiografía es el test más frecuentemente utilizado (99). Consiste en registrar la actividad eléctrica del músculo mediante la aplicación de electrodos de aguja y determina la actividad intrínseca del mismo. Se valoran dos parámetros: la actividad espontánea y el patrón voluntario. Una vez ha ocurrido la denervación, el músculo se torna hiperirritable, emitiendo potenciales eléctricos espontáneos o como resultado del estímulo ocasionado por la inserción del electrodo de aguja; estos potenciales son conocidos como de fibrilación y aparecen de 14 a 21 días después de la denervación. Aunque este periodo de tiempo es un factor limitante importante para el uso de este método, representa una de las pruebas más seguras para diagnosticar la degeneración axonal. Cuando la unidad motora se halla íntegra, se puede lograr un potencial de unidad motora con el movimiento voluntario y es un buen índice pronóstico. La reaparición de potenciales de unidad motora, de 3 a 4 meses después de la denervación, es uno de los primeros signos de reinervación y aparecen en 1 a 2 meses antes que el movimiento voluntario se torne perceptible (99).

## **1.5 Planteamiento de la estrategia reconstructiva en la parálisis facial**

Históricamente, y hasta finales del siglo XIX, no había un tratamiento quirúrgico de la parálisis facial. Por entonces las secuelas de la parálisis facial se trataban con medicinas, electroterapia y ungüentos (100,101). Actualmente una de las claves principales para el éxito en el tratamiento de la parálisis facial y sus secuelas, es realizar un abordaje multidisciplinario. En este equipo el cirujano debe ser el encargado de coordinar el tratamiento del paciente antes y después de cualquier procedimiento quirúrgico a realizar. De igual forma es muy importante añadir la experiencia de profesionales de la salud, tales como fisioterapeutas, terapeutas del lenguaje y psicólogos; es un factor determinante para alcanzar resultados óptimos para los pacientes. La clave para obtener resultados satisfactorios es mantener al paciente como parte activa en el proceso de toma de decisiones. Una vez que se alcanza la protección ocular, el médico y el paciente plantean sus principales preocupaciones y establecen objetivos para el tratamiento. Existen numerosas opciones quirúrgicas y no quirúrgicas para el tratamiento de la parálisis facial y sus secuelas, y pueden ser clasificadas en procedimientos estáticos y procedimientos dinámicos. Se pueden realizar diferentes combinaciones de procedimientos para crear una estrategia terapéutica hecha a medida de cada paciente. El objetivo es tratar los problemas funcionales, restableciendo la simetría en reposo y el movimiento espontáneo dinámico. El plan quirúrgico se determina por los siguientes factores claves: la presencia de una lesión nerviosa completa o parcial, la presencia de un nervio donante, y el tiempo transcurrido desde la lesión, que se traduce en la presencia o no de musculatura facial viable (102) (Figura 2). La preocupación inmediata es preservar la integridad corneal utilizando pomadas lubricantes y dando cobertura a los párpados (103). La participación del equipo de

oftalmología es importante para pacientes que requieran cámaras de humidificación. Si la resolución de los síntomas de superficie ocular o una corrección quirúrgica definitiva no se realiza dentro de las semanas siguientes, está indicada la realización de una tarsorrafia temporal. La tarsorrafia permanente es una solución quirúrgica definitiva, pero no es utilizada habitualmente debido al efecto desfigurativo en el paciente. La competencia del esfínter ocular se puede conseguir mediante recolocación de los párpados superior e inferior. Las pesas son la opción más frecuentemente utilizadas, teniendo la ventaja de la facilidad técnica para su implantación además de su reversibilidad. Las pesas proporcionan un alivio a la sintomatología por la exposición corneal, pero están asociadas a una alta tasa de extrusión a los 5 años (104,105). Para el tratamiento de la retracción palpebral la Müllerectomía puede proporcionar una adecuada alternativa, permitiendo la caída del párpado de 2 a 3mm. Las alternativas más fisiológicas para recrear el reflejo palpebral giran en torno a la restauración de la sensación corneal (106,107) y el impulso neural a la musculatura ocular (108). El ectropión es secundario a la pérdida del tono ocular y puede ser exacerbado por la laxitud ligamentosa en pacientes mayores, resultando en un estiramiento horizontal del párpado. En tales casos, se requieren procedimientos para aumentar la tensión del canto, tales como una cantopexia, cantoplastia o injertos de fascia. Típicamente la combinación de procedimientos en los párpados superior e inferior es necesaria para restaurar la integridad del esfínter palpebral (109).

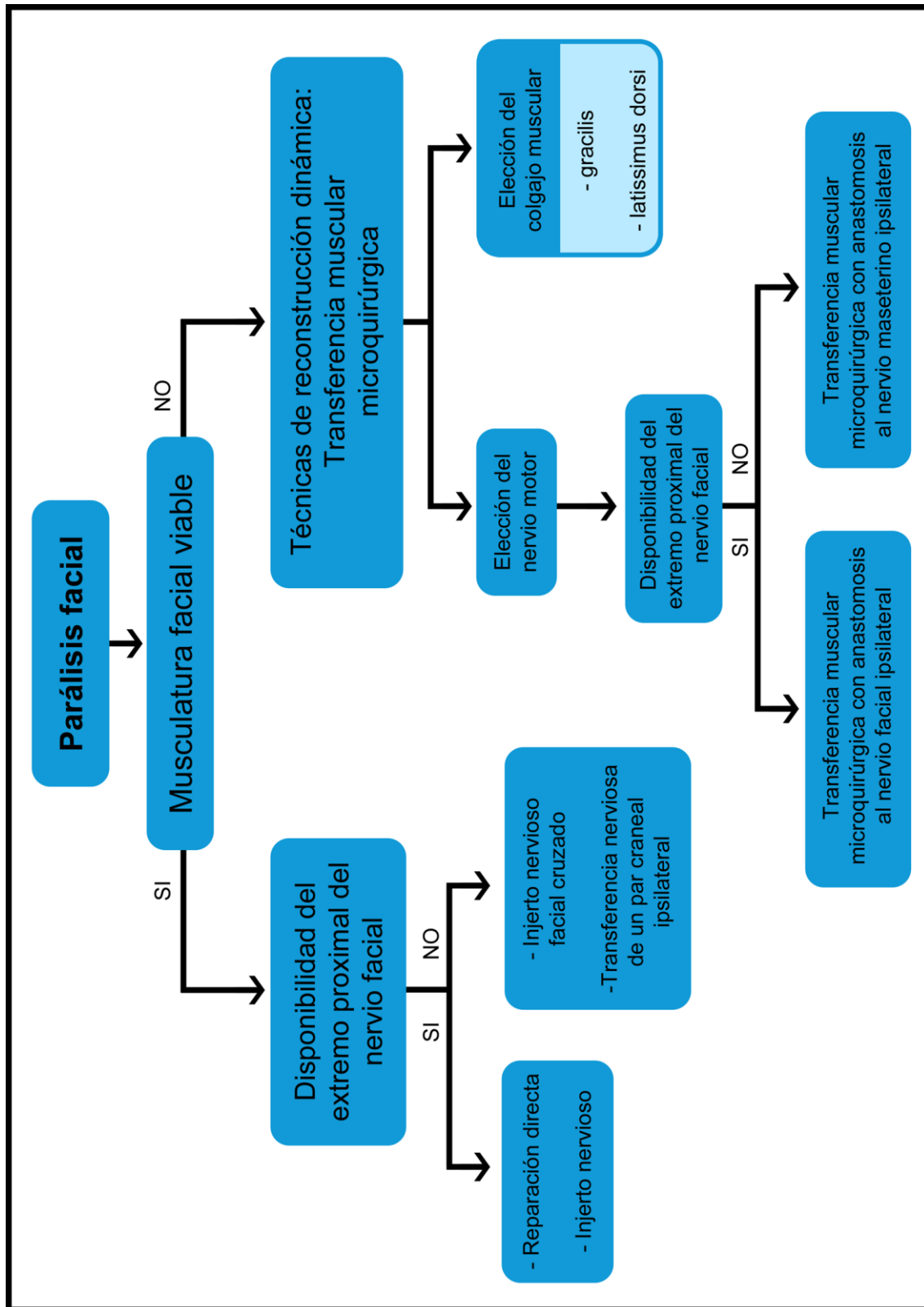


Figura 2. Esquema de tratamiento de la parálisis facial

### 1.5.1 Reconstrucción cuando hay musculatura facial viable

#### 1.5.1.1 Parálisis parcial

En los casos en que el nervio facial se encuentra dañado parcialmente existe la presencia de una función residual en el nervio. En esta situación se puede aumentar la actividad presente mediante la introducción de una fuente adicional de inervación en la forma de un injerto de nervio facial cruzado o una transferencia nerviosa. El impulso nervioso añadido se puede proporcionar mediante una sutura nerviosa termino lateral (110,111) para evitar reducir cualquier función residual de dicho lado. Una alternativa sería minimizar la asimetría mediante la reducción de la función del lado no afecto utilizando toxina botulínica (112).

#### 1.5.1.2 Parálisis aguda

En las parálisis agudas existe la posibilidad de hacer una reparación del nervio dañado, dependiendo de la localización y la naturaleza de la lesión. El tratamiento de las lesiones del nervio facial debido a traumatismos cerrados es inicialmente expectante, es decir un seguimiento clínico cercano, aunque si se ha producido la axonotmesis (presencia de daño axonal) existe la posibilidad de desarrollar una sincinesia, que se expresa clínicamente mediante una contracción anormal e indeseada que acompaña al movimiento de la musculatura facial voluntaria. La sección del nervio facial en la cara es apropiada para la reparación directa del nervio si es detectada de forma temprana, es decir, antes de que ocurra la retracción de los extremos del nervio seccionado. La exploración quirúrgica dentro de las primeras 72 horas permite la identificación del extremo distal del nervio mediante el uso de un estimulador, minimizando así la posibilidad de una unión



nerviosa incorrecta. Si existe tensión en la sutura nerviosa, es necesaria la utilización de un injerto nervioso, debido a que la tensión tiene un impacto negativo en la regeneración nerviosa (113). Los nervios donantes más frecuentemente utilizados incluyen el nervio auricular mayor, ramas del plexo cervical, y el nervio sural. Aunque los dos primeros nervios tienen la ventaja de encontrarse muy cerca del campo operatorio, el nervio sural tiene una excelente correspondencia de tamaño con el nervio facial, y una mínima morbilidad de la zona donante (114).

#### 1.5.1.3 Reinervación de la musculatura facial viable

En lesiones completas del nervio facial, cuando no existe el extremo proximal nervioso puede ser necesaria la realización de una transferencia de un par craneal o la realización de un injerto facial cruzado. Los nervios utilizados para esta transferencia, como el nervio glosofaríngeo, espinal e hipogloso son una importante fuente de inervación, proporcionando numerosas ventajas, tales como un buen tono muscular y una excursión amplia; sin embargo, estas ventajas son contrarrestadas por problemas tales como la morbilidad de la zona donante y los movimientos incoordinados. Uno de los nervios más frecuentemente utilizado es el nervio hipogloso, cuya principal desventaja es la producción de una atrofia ipsilateral de la musculatura de la lengua, lo cual afecta al habla y la deglución (115). Además, si un paciente ha sufrido múltiples lesiones de nervios craneales bajos, la transferencia del nervio hipogloso solamente empeoraría la ya comprometida función orofaríngea. Los intentos para minimizar esta morbilidad incluyen la unión termino-lateral, mediante la unión del extremo distal de un

nervio seccionado al borde lateral de un nervio donante no dañado manteniendo la continuidad del nervio para no alterar su función (116-117). El nervio maseterino presenta una baja morbilidad de la zona donante, manteniendo la ventaja de proporcionar un buen tono muscular y una amplia excursión de la musculatura (150,218-220).

### 1.5.2 Reconstrucción en ausencia de musculatura facial viable

Idealmente la reanimación de la parálisis facial debería ser realizada en el momento de la lesión. Sin embargo, esto no es siempre posible. En estos casos se ha establecido como referencia un tiempo de dos años, periodo en el cual la musculatura facial y las placas neuromusculares se encuentran viables para seguir funcionando con un nuevo impulso nervioso (97). Este tiempo referencial de dos años no se puede aplicar indiscriminadamente a todos los pacientes y, por lo tanto, debemos realizar una exploración individualizada ante cada caso.

#### 1.5.2.1 Restauración del tercio superior facial

El principal objetivo es el mantenimiento del campo visual superior. La forma más básica y efectiva de conseguirlo es un lifting de la frente mediante la escisión de una elipse de piel justo sobre la frente en el lado afectado (118). Esta técnica conlleva una cicatriz visible y se reserva, usualmente, para pacientes de edad avanzada. Por otro lado, el lifting frontal puede ser utilizado de forma abierta y/o endoscópica, mediante el cual queda escondida la cicatriz (119-121). Una estrategia alternativa en casos unilaterales es reducir la asimetría usando toxina

botulínica o neurectomía para debilitar la actividad en el músculo frontal contralateral (122).

#### 1.5.2.2 Restauración del tercio inferior facial

La parálisis de la división mandibular y cervical puede llevar a la acción sin oposición de los elevadores del labio y una sonrisa asimétrica. La aproximación para el tratamiento de esta situación, al igual que con cualquier asimetría en la cara, es aumentar la actividad del lado afectado, o disminuir la movilidad en el lado sano. Se han propuesto varios métodos para restablecer la función de los depresores del labio, incluyendo la transferencia del mini-hipogloso, transferencia del vientre anterior del músculo digástrico, del músculo platisma o la transferencia libre del músculo *extensor digitorum brevis* (123-126). Aunque se han descrito buenos resultados con estos métodos, muchos pueden dejar cicatrices significantes en el cuello o son procedimientos muy largos que pueden no ser adecuados para pacientes mayores. La transferencia del músculo digástrico puede ser adecuada para la reconstrucción primaria si la anatomía es expuesta como parte de una resección oncológica (127), pero otros prefieren la debilitación del lado sano (128). Esto se puede obtener utilizando toxina botulínica tipo A o una resección de los depresores mediante un abordaje intraoral (129), sin causar una incontinencia del esfínter oral.

#### 1.5.2.3 Restauración del tercio medio facial

La utilización de procedimientos estáticos y dinámicos para el tratamiento de esta región es muy frecuente. Los procedimientos estáticos están generalmente

reservados para pacientes con una parálisis facial establecida sin musculatura facial viable, y que no son candidatos por diferentes motivos, o rechazan cualquier tipo de intervención compleja.

## **1.6 Métodos de reconstrucción en la parálisis facial**

### **1.6.1 Estáticos**

La obstrucción del flujo aéreo nasal es el resultado de la pérdida del tono de la musculatura nasal. Esta situación es frecuentemente pasada por alto (130) y puede ocurrir en el contexto de una obstrucción establecida de la vía aérea o una rinitis. Los injertos de *fascia lata*, *palmaris longus* o músculo delgado plantar han sido ampliamente utilizados para elevar la mejilla, servir de soporte para el párpado inferior, recrear el pliegue nasolabial, y tirar del ala nasal lateralmente para la apertura de la válvula nasal externa. Mediante la elevación de la comisura oral se obtiene la simetría en reposo y la mejora de la continencia oral, además del habla bilabial mediante la tensión del labio inferior. La utilización de estos injertos típicamente necesitan la realización de incisiones en el surco nasolabial y en la región temporal, aunque se ha descrito su colocación a través de un abordaje endoscópico a manera de un lifting facial (131). Para evitar la morbilidad de la zona donante, se están utilizando mallas de Gore-Tex (politetrafluoroetileno expandido; Gore and Associates®), sin embargo, estas mallas sintéticas pueden presentar complicaciones tales como la infección y la extrusión, además de la pérdida de tensión con el paso del tiempo (132-133).

## 1.6.2 Dinámicos

### 1.6.2.1 Colgajos locales

Los procedimientos estáticos están dirigidos a restablecer la simetría facial en reposo y son ideales para pacientes de edad avanzada, sin embargo con este tipo de procedimientos no se aporta una mejoría de los movimientos de la musculatura facial. Con el objetivo de mejorar estos movimientos dinámicos se han empleado colgajos musculares locales utilizando la función del nervio trigémino en el lado paralizado.

- Colgajo de músculo temporal: este colgajo fue descrito inicialmente por Golovine (134) en 1898. Posteriormente, en la década de 1930, Gillies (135) lo introdujo el campo de la cirugía de reanimación facial con el uso de injertos de fascia lata. La inserción del músculo temporal en la línea temporal inferior presenta una base de implantación muy amplia, ocupando la totalidad de la fosa temporal, para progresivamente disminuir su tamaño a medida que se dirige hacia su inserción en la apófisis coronoides de la mandíbula. El músculo se encuentra irrigado por la arteria temporal profunda, rama de arteria maxilar interna. Los vasos temporales profundos penetran en el músculo temporal por la superficie interna. Sheehan (136) modificó la técnica inicial de Gillies (135) aumentando el arco de rotación del músculo mediante la osteotomía parcial de parte del arco cigomático. Posteriormente, Labbé y Huault (137-138) introdujeron una nueva variación a la técnica original. En este caso la modificación evitaba el uso de injertos. Además de realizar una osteotomía del arco cigomático y liberación del músculo de su inserción en la fosa temporal, se

realizaba la sección de su unión a la apófisis coronoides para un avance en bloque del músculo y unir su tendón con la comisura bucal (Figura 3).

- Colgajo de músculo masetero: el colgajo de músculo masetero fue descrito inicialmente por Lexer y Eden (139) en 1911. La disección de este colgajo se puede realizar mediante un abordaje extraoral o intraoral. En el abordaje extraoral se utiliza una incisión preauricular, se desinserta el músculo de la mandíbula, con transposición anterior, y división del músculo para su inserción en el labio superior e inferior (24). Se ha descrito la transposición del musculo masetero (140,187,238), realizada a través de un abordaje intraoral (141). La trasposición de este músculo logra un buen resultado estático, pero obteniendo un vector lateral de movimiento de la comisura oral, sin poder dar a la sonrisa un resultado natural.

La transposición muscular es usualmente incapaz de recrear una sonrisa dinámica espontánea, debido a que la activación muscular requiere una maniobra específica, tal como apretar los dientes. Para mejorar este resultado, se han realizado transposiciones musculares más complejas, en las que el nervio del músculo es unido al nervio facial contralateral (123,142).

#### 1.6.2.2 Colgajos libres

La reanimación facial incluye la restauración del control neural de la musculatura facial denervada o la importación de un músculo para crear una sonrisa dinámica espontánea y un tono muscular simétrico en reposo. La reanimación facial es hoy el estándar de la reconstrucción en casos de parálisis de larga evolución, y para

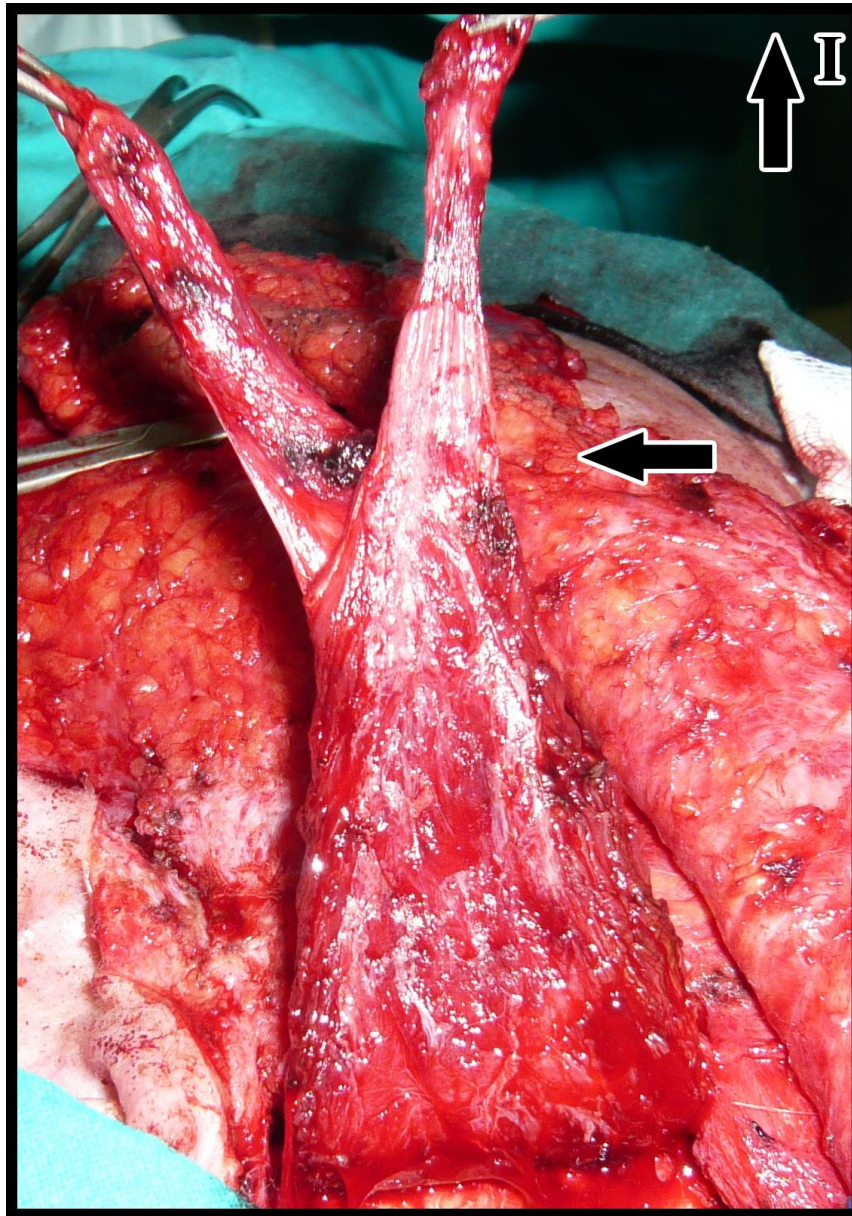


Figura 3. Imagen intraoperatoria de disección de colgajo de músculo temporal donde se realizó un *split* muscular (flecha) para reconstrucción del tercio superior y medio facial. I: inferior.

alcanzar este objetivo hay dos consideraciones muy importantes a tener en cuenta; en primer lugar, si la reconstrucción debería estar basada en el nervio facial o en otro nervio craneal, lo que depende de la presencia o ausencia de un extremo proximal del nervio facial ipsilateral; y en segundo lugar, la viabilidad de musculatura facial: esta musculatura puede mantenerse viable durante un periodo

aproximado entre 12 y 24 meses, pero después de este periodo se considera una atrofia muscular irreversible (97). Cuando no existe musculatura facial viable, se tiene que realizar la importación de un nuevo músculo mediante la transferencia muscular libre. El músculo ideal debería ser pequeño, permitir una fácil división en fascículos independientes, con buena excursión, tener un largo pedículo neurovascular, y sin dejar un déficit funcional. No existe un músculo que cumpla todos estos requisitos, pero existen algunos que se acercan en lo deseado tales como el músculo *gracilis* (149), *latissimus dorsi* (145), *extensor digitorum brevis* (143) y *pectoralis minor* (144,146,147). A continuación se describen los 2 músculos más utilizados en la transferencia microquirúrgica para la cirugía de reanimación facial.

- El colgajo de músculo *latissimus dorsi* (145): este colgajo fue introducido por Tansini en 1906 para la cobertura de defectos de mastectomía extensos. El músculo *latissimus dorsi* se origina en las apófisis espinosas de las vértebras torácicas 7º - 12º como porción vertebral, en la fascia toracolumbar y en el tercio posterior de la cresta iliaca como porción iliaca, en las costillas 10º - 12º como porción costal y de forma relativamente constante en el ángulo inferior de la escápula como porción escapular. Tiene un pedículo dominante (arteria y vena toracodorsal) e irrigación sanguínea secundaria de las perforantes intercostales posteriores. La arteria toracodorsal se origina en la arteria subescapular, rama de la arteria axilar. Esta arteria toracodorsal tiene un trayecto desde la axila a lo largo del borde anterior del músculo *latissimus dorsi*. A su entrada en el musculo se divide en una rama medial y otra rama lateral. La rama lateral tiene un trayecto paralelo al borde lateral del músculo aproximadamente a 2,5 cm. La rama superior o medial se separa de ella con un



ángulo de aproximadamente 45° con un trayecto paralelo al borde superior del músculo. La inervación motora se realiza a través del nervio toracodorsal que se origina en el cordón posterior del plexo braquial. Este nervio acompaña al pedículo vascular y en ocasiones es difícil preservar el nervio durante la elevación del colgajo. El nervio se divide en ramas lateral y medial aproximadamente 1,3 cm proximal al hilio neurovascular y cada rama circula con su homóloga neurovascular. Esta inervación motora nos permite dividir al músculo en dos territorios inervados independientemente (145) y ha sido utilizado para la reconstrucción bilateral en un solo tiempo para pacientes con Síndrome de Möbius (148). Sin embargo, es un músculo voluminoso en la cara y la presencia de dos equipos quirúrgicos es complicada debido a la proximidad de los campos operatorios.

- El colgajo de músculo *gracilis* (149): el origen del músculo *gracilis* incluye en la mitad lateral una aponeurosis tendinosa fina sobre la rama del pubis y en la mitad medial una región gruesa de músculo sobre la parte inferior de la sínfisis. Los orígenes aponeurótico y muscular medial se unen entre sí y siguen rectos hacia abajo estrechándose hacia su inserción. En la parte superior el músculo se localiza medial y posteriormente al músculo aductor largo. En la parte inferior, el músculo se sitúa inmediatamente posterior al músculo sartorio, donde ambos cruzan por detrás del cóndilo femoral medial. El músculo *gracilis* tiene dos inserciones: una en el cóndilo medial tibial y otra inserción en la superficie medial de la tibia. Su irrigación se realiza a través de un pedículo vascular dominante. Este pedículo dominante generalmente es la rama terminal de la arteria circunfleja femoral medial. En su recorrido pasa entre el músculo aductor largo y aductor breve para penetrar en el músculo *gracilis* en su tercio

proximal por el borde lateral. Los pedículos menores son ramas de la arteria femoral profunda y superficial. Su inervación motora se realiza por la rama anterior del nervio obturador que contiene una media de tres fascículos, con un grupo fascicular y un fascículo pequeño. El fascículo pequeño único inerva el 25% anterior o más del músculo, y el fascicular restante inerva la porción posterior restante del músculo. El músculo *gracilis* (69) tiene una anatomía constante, una disección relativamente simple, y un grado intermedio de volumen, pero con una mínima morbilidad de zona donante. La cicatriz resultante de su disección queda escondida. La presencia de dos equipos quirúrgicos es factible, y la disección segmentaria del colgajo (74) reduce significativamente el volumen del mismo. La rama del nervio obturador entra en el músculo 1-2 cm superior al punto de entrada del pedículo vascular. Si se requiere un nervio largo, es necesaria una disección retrógrada del nervio motor hasta la bifurcación de la rama anterior y posterior. Este acto a menudo requiere la elevación del músculo aductor largo para exponer el nervio obturador proximal y su bifurcación. También puede seguirse proximalmente hasta el agujero obturador. Esta disección extra puede conseguir una longitud adicional de 2-4cm del nervio (de 7 a 12 cm en total).

#### 1.6.2.3 Elección del nervio motor para la reinervación muscular

El proceso de elección entre el nervio facial sano contralateral o un nervio craneal ipsilateral para inervar el músculo trasplantado o la musculatura facial viable (150) depende de los objetivos de la cirugía y de las características de cada paciente. En un principio se pensó que, al usar un nervio craneal distinto al facial

para inervar el músculo trasplantado, no se lograría el movimiento bilateral conjugado espontáneo. Sin embargo, la espontaneidad ha sido observada en numerosos casos con la utilización del nervio maseterino (151,152), por lo cual se asume que se produce un grado de plasticidad cortical. El uso de un injerto de nervio facial cruzado no requiere tal plasticidad cortical y puede estar indicado en algunos pacientes. Los beneficios del uso del nervio maseterino incluyen la realización del procedimiento en una única cirugía, la preservación del nervio facial contralateral y proporciona una gran carga axonal (150). Esto se traduce en una gran excursión de la comisura oral en relación al injerto cruzado de nervio facial (153), por lo cual el impulso que transmite el nervio facial sano contralateral a través del injerto nervioso no sería suficiente para restaurar la simetría. Finalmente, el objetivo es relacionar de forma apropiada el impulso neural con la adecuada cantidad de músculo, y mediante el entendimiento de esta relación uno puede ser capaz de diseñar pequeños colgajos musculares y obtener una amplia excursión (Figura 4).

### 1.6.3 Métodos complementarios

#### 1.6.3.1. Material protésico: pesas

Para restaurar el lagofthalmos producido por la parálisis del párpado superior, la técnica más sencilla, eficaz y más empleada es la inserción de una pesa en el plano pretarsal aproximadamente a unos 8 mm del borde libre del párpado. Su peso permite que la acción de la gravedad cierre el ojo al relajarse el músculo elevador, conservándose el reflejo de parpadeo fisiológico. Para elegir la pesa tenemos que

utilizar aquella que con el mínimo peso produzca el máximo cierre palpebral sin causar una pseudotosis (104,105).

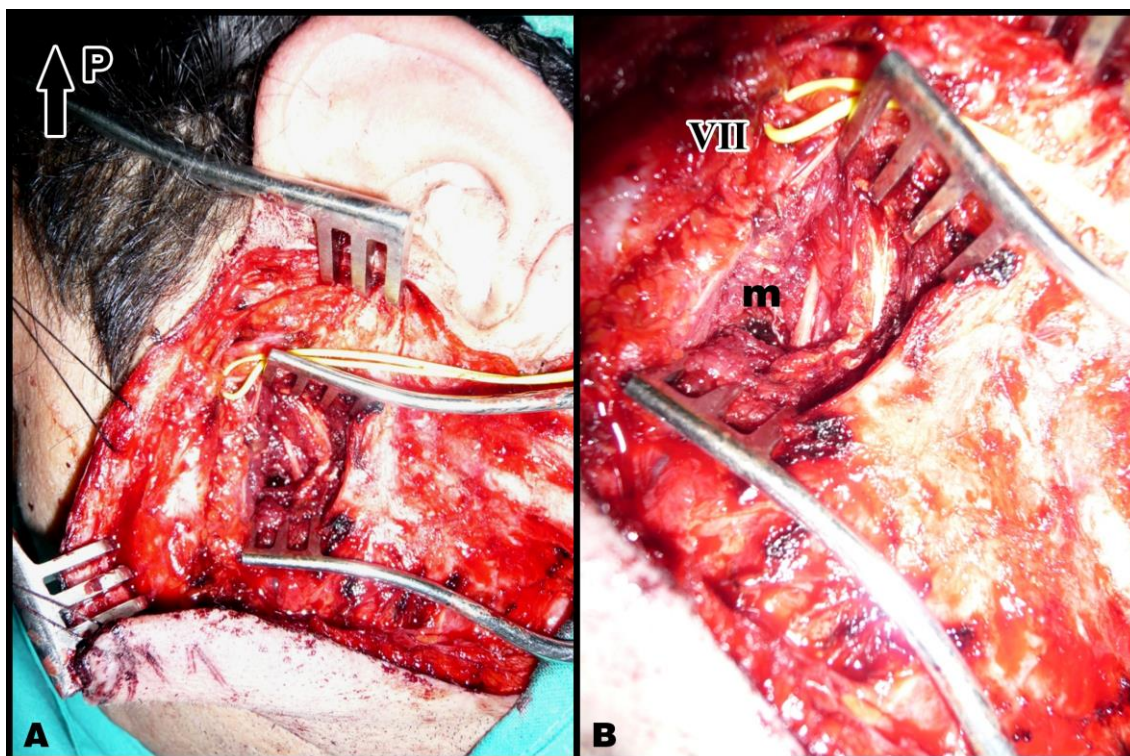


Figura 4. A. Imagen intraoperatoria de la disección del nervio maseterino (m) y su relación con el nervio facial (VII). B. Ampliación de A para mostrar en detalle el paso del nervio maseterino entre los fascículos del músculo masetero. P: posterior.

#### 1.6.3.2 Mallas sintéticas.

La utilización de las mallas sintéticas como parte de los procedimientos estáticos de reconstrucción elimina la morbilidad de la zona donante asociada cuando se utiliza un injerto de fascia. Las mallas sintéticas están elaboradas a base de ePTF (politetrafluoroetileno expandido®), un material poroso que se utiliza para la suspensión estática de la parálisis facial. Las mallas pueden presentar un grosor de 1 a 2 mm y se pueden remodelar para adaptarlas a la necesidad de cada defecto (132,133).

#### 1.6.3.3 Toxina botulínica.

La toxina botulínica se puede emplear como tratamiento complementario tanto en el lado de la cara con parálisis facial, como en el lado sano contralateral. Su función se basa en el bloqueo de la liberación de neurotransmisores que causan la contracción muscular. En el lado afectado se puede emplear para el tratamiento de las sincinesias; y en el lado sano para disminuir la acción muscular y conseguir una mayor simetría (112).

### **1.7 Evolución clínica tras la reconstrucción dinámica de la parálisis facial**

En los casos clínicos de reanimación dinámica de la parálisis facial en los cuales se ha realizado una transferencia muscular microquirúrgica es importante describir y cuantificar la evolución de dicha musculatura. En 1976 Harii (69) fue el primero en utilizar el músculo *gracilis* en una transferencia microquirúrgica para una reanimación facial. La máxima capacidad de contracción de la musculatura se observó a los 8 meses de a la cirugía. Además, describió que los pacientes eran capaces de contraer la muscular trasplantada sin necesidad de realizar el acto de morder a partir del quinto mes postoperatorio. En 1979, Harii (71) presentó otro trabajo en el cual incluyó un total de 18 músculos trasplantados para reanimación dinámica de la parálisis facial, utilizando tres nervios distintos para la reinervación de la musculatura trasplantada. Los nervios utilizados fueron el nervio temporal profundo, el nervio hipogloso y el nervio facial. En sus conclusiones mencionó que el inicio de contracción de la musculatura trasplantada se realizó entre los 4 y 5 meses postoperatorios y la máxima capacidad de contracción entre los 8 y 10 meses. Además, describió que el volumen de la musculatura trasplantada

disminuyó en un 50% en los primeros 3 meses postoperatorios. Manktelow (25,74) introdujo el concepto de las transferencias musculares mediante unidades fasciculares motoras y describió el caso clínico de una paciente con parálisis facial como secuelas de la extirpación de un fibrosarcoma de la mejilla. La transferencia de un segmento de músculo *gracilis* fue reinervado con la división inferior del nervio facial. El inicio de la contracción muscular se presentó en el tercer mes postoperatorio, alcanzando la máxima contracción en el noveno mes. Koshima (78) presentó una serie de siete casos clínicos de reconstrucción dinámica de la parálisis facial con transferencia del músculo recto femoral en un tiempo quirúrgico utilizando el nervio facial sano contralateral. En sus resultados mencionó que el inicio del movimiento de la musculatura trasplantada con un rango de 5 a 12 meses. Kumar (157) presentó la evolución clínica de tres pacientes a los cuales se les practicó una reconstrucción dinámica mediante transferencia del músculo *gracilis* en un tiempo quirúrgico, con anastomosis a ramas del nervio facial sano contralateral. En sus resultados se describió la reinervación del músculo en los seis primeros meses postoperatorios, mediante estudios de electromiogramas. Terzis (158) realizó un análisis de 100 casos clínicos de reanimación dinámica con transferencia muscular, de los cuales en 63 casos se utilizó el músculo *gracilis* y en 34 el músculo pectoral menor. En sus resultados describió el inicio de movimiento del músculo trasplantado en un rango de 6 a 48 semanas, con una media y desviación estándar de  $21,6 \pm 9,14$  semanas tras al trasplante muscular. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en relación al sexo y tipo de músculo utilizado al compararlos con el inicio de movimiento.

Uno de los primeros trabajos en describir la evolución de la reanimación dinámica de la parálisis facial utilizando el nervio maseterino como nervio motor de la

musculatura trasplantada fue el realizado por Zuker (159). En su trabajo describió diez casos clínicos de niños entre 4 y 13 años de edad con Síndrome de Möbius en los cuales utilizó el músculo *gracilis*. En los resultados describió el inicio de la contracción muscular en la sexta semana postoperatoria, alcanzando el máximo movimiento entre las 8 y 9 semanas postoperatorias. Bianchi (160) presentó una serie de 21 casos clínicos de pacientes con parálisis facial unilateral en los cuales se utilizó el nervio maseterino para la reinervación del músculo *gracilis* trasplantado. En sus resultados no se encontraron diferencias en el resultado funcional o estético al comparar por edad del paciente. Sin embargo, el tiempo de reinervación de la musculatura trasplantada fue mayor en los pacientes adultos (5 a 6 meses) comparado con los niños (3.5 meses). La serie de casos más grande publicada sobre la evolución clínica de la reanimación dinámica de la parálisis facial pertenece a Gousheh (161) en la cual se presentaron un total de 520 pacientes con parálisis facial unilateral a los cuales se les realizó una transferencia muscular con reinervación de la musculatura trasplantada utilizando el nervio facial sano contralateral. En sus resultados se describió el inicio de la contracción muscular de la musculatura trasplantada entre el quinto y séptimo mes postoperatorio.

## **2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**



## 2.1 Hipótesis

En base a lo expuesto respecto a los conocimientos sobre el tratamiento de la parálisis facial, las técnicas microquirúrgicas de primera elección y el proceso de reinervación muscular, nos planteamos realizar un estudio morfológico orientado a las aplicaciones clínicas del nervio maseterino en la reconstrucción dinámica de la parálisis facial. Las hipótesis de este estudio son:

1. La longitud del nervio maseterino es constante y suficientemente larga para poder realizar anastomosis término-terminales de dicho nervio con otros nervios motores para la rehabilitación dinámica de la parálisis facial.
2. La presencia de ramas exclusivas para la innervación de los distintos fascículos musculares permitiría seleccionar una de ellas para realizar con eficacia las anastomosis nerviosas, sin sacrificar la innervación del resto de los fascículos musculares del músculo masetero.
3. Trazando unas líneas de referencia que van del gonion al origen del arco cigomático y de la comisura bucal al cóndilo mandibular, podríamos localizar con precisión la rama del nervio maseterino que entra en el fascículo superficial del músculo masetero para ser utilizada como nervio motor donante de axones en la cirugía de la parálisis facial.
4. La carga axonal motora del nervio maseterino es similar a la del nervio obturador que inerva el músculo *gracilis*. Por ello podría utilizarse alguna de las ramas principales del nervio maseterino como nervio motor donante con el fin de preservar parte de la innervación del

músculo masetero manteniendo una carga axonal eficaz para el funcionamiento del músculo gracilis.

5. La carga axonal motora del nervio maseterino varía a lo largo del mismo. Dicha carga sería mayor en los segmentos proximales que en los distales.

## 2.2 Objetivos

Para comparar las hipótesis de trabajo se plantean los siguientes objetivos:

1. Describir las características morfológicas y las relaciones anatómicas que presenta el nervio maseterino a su paso por la escotadura mandibular y en su recorrido intramuscular por el músculo masetero, para su utilización como nervio motor donante en el tratamiento de la parálisis facial.
2. Describir unas líneas de referencia para facilitar la localización del nervio maseterino en la cirugía de reanimación facial.
3. Cuantificar mediante técnicas de inmunohistoquímica la carga axonal motora que presenta el nervio maseterino, en diferentes segmentos de su trayecto y ramificación.
4. Cuantificar mediante técnicas de inmunohistoquímica la carga axonal motora que presenta el nervio obturador, que inerva el músculo gracilis, en la entrada al mismo.
5. Comparar la carga axonal motora del nervio obturador respecto a los distintos segmentos del nervio maseterino.

### **3. MATERIAL Y MÉTODOS**

El estudio se ha realizado en 52 cadáveres (14 mujeres y 30 hombres), en un total de 58 mitades de cabezas (23 derechas y 35 izquierdas) y en 13 miembros inferiores, pertenecientes al Departamento de Anatomía y Embriología Humanas de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid. Los cadáveres estaban embalsamados con líquido embalsamador que se introdujo mediante una bomba de inyección a través de la arteria femoral en el tercio medio del muslo izquierdo. El líquido embalsamador es un líquido de base alcohólica (bien metanol, bien etanol de 96%) que sirve como diluyente para los demás componentes: el fenol, el formaldehído y la glicerina. El protocolo de embalsamamiento descrito está basado en el desarrollado y utilizado en la Universidad de Cambridge. La concentración final de formol en la solución de embalsamamiento era de 2,8%. Se trataban de piezas anatómicas que no habían sido sometidas previamente a intervenciones.

### 3.1 Muestra cadavérica: número, sexo, lado

La distribución de las muestras utilizadas en este estudio queda descrita en las Tablas 2 y 3.

Sexo	Lado	
	Derecho	Izquierdo
Hombres	13	23
Mujeres	10	12
Total	58	

Tabla 2. Características (sexo, lado) de las muestras de cabezas empleadas para el estudio del músculo masetero y nervio maseterino.

	Lado	
	Derecho	Izquierdo
Casos	53,8%	46,2%
Total	7	6

Tabla 3. Distribución del nervio obturador por lado anatómico.

### 3.2 Material quirúrgico

Instrumental quirúrgico cortante y de disección de tejidos

- mesa de disección quirúrgica tipo riñón
- mesa de mayo
- pinzas de disección Adson con dientes
- pinzas de disección Adson sin dientes
- tijeras de Metzenbaum
- tijeras de disección de Stevens
- porta agujas de Crile-Wood
- tijeras de mayo rectas
- mango de bisturí número 4
- hojas de bisturí número 15
- separadores de Gillies
- separadores de Senn-Miller
- separadores de Farabeuf

Instrumental microquirúrgico

- micropinzas rectas
- microtijeras

- microporta-agujas

#### Instrumental óptico

- Microscopio quirúrgico ZEISS OPMI® 1FC (Oberkochen, Alemania)
- Gafas lupa tipo ZEISS EyeMag® Pro 4,3x (Oberkochen, Alemania)
- Cámara de fotos tipo réflex modelo EOS 760D® (CANON EUROPA N.V.)
- Material de tinción macroscópica
- Tinta amarilla Winsor and Newton® (Londres, Inglaterra)
- Tinta roja Winsor and Newton® (Londres, Inglaterra)
- Pincel Escoda® de punta redonda número 10 (España)

La microdissección del músculo masetero, del nervio que lo inerva y de los vasos que lo irrigan, se realizó con un microscopio quirúrgico ZEISS OPMI® 1FC (Oberkochen, Alemania), utilizando magnificaciones 4x y 6x. El registro de las fotos se realizó con una cámara tipo réflex modelo EOS 760D® (CANON EUROPA N.V.). La disección y obtención de las muestras de la rama anterior del nervio obturador para el músculo *gracilis* se realizó con gafas lupa tipo ZEISS EyeMag® Pro 4,3x (Oberkochen, Alemania).

### 3.3 Disección anatómica

El proceso de disección de las muestras de los músculos maseteros para la descripción de las características macroscópicas del músculo, del nervio maseterino, de la arteria maseterina, así como la disección de la rama anterior del

nervio obturador para el músculo gracilis, se llevó a cabo en las instalaciones del Departamento de Anatomía y Embriología Humanas de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid.

### 3.3.1 Exposición del músculo masetero

La exposición del músculo masetero se realizó a través de una incisión en la piel de la cara, que se iniciaba en la unión del cigoma con el arco cigomático. Esta incisión se continuo en dirección lateral, siguiendo el borde del arco cigomático a 2 mm de distancia para poder exponer completamente las inserciones del músculo masetero y facilitar la disección y descripción de las estructuras anatómicas en la escotadura mandibular. La incisión se continuo hasta el nivel de la articulación temporomandibular en la región preauricular. Luego en dirección caudal, siguiendo el borde de la rama vertical de la mandíbula hasta el gonion, para continuar en dirección anterior siguiendo el borde de la rama horizontal de la mandíbula hasta el mentón. Una vez que se completó las incisiones se separó la piel del sistema músculo aponeurótico superficial (SMAS), Posteriormente se identificó la cápsula parotídea y se completó la exposición del músculo masetero mediante una parotidectomía total, incluyendo el nervio facial con todas sus ramas (Figura 5).

### 3.3.2 Desinserción del músculo masetero y descripción de las relaciones del nervio maseterino en la escotadura mandibular.

Tras la exposición del músculo masetero se realizó la desinserción superior subperióstica de su unión con el arco cigomático. Se identificó al nervio maseterino

en la escotadura mandibular describiendo sus características y su relación con la arteria maseterina y la distancia hasta el origen de sus ramas intramusculares (Figura 6).

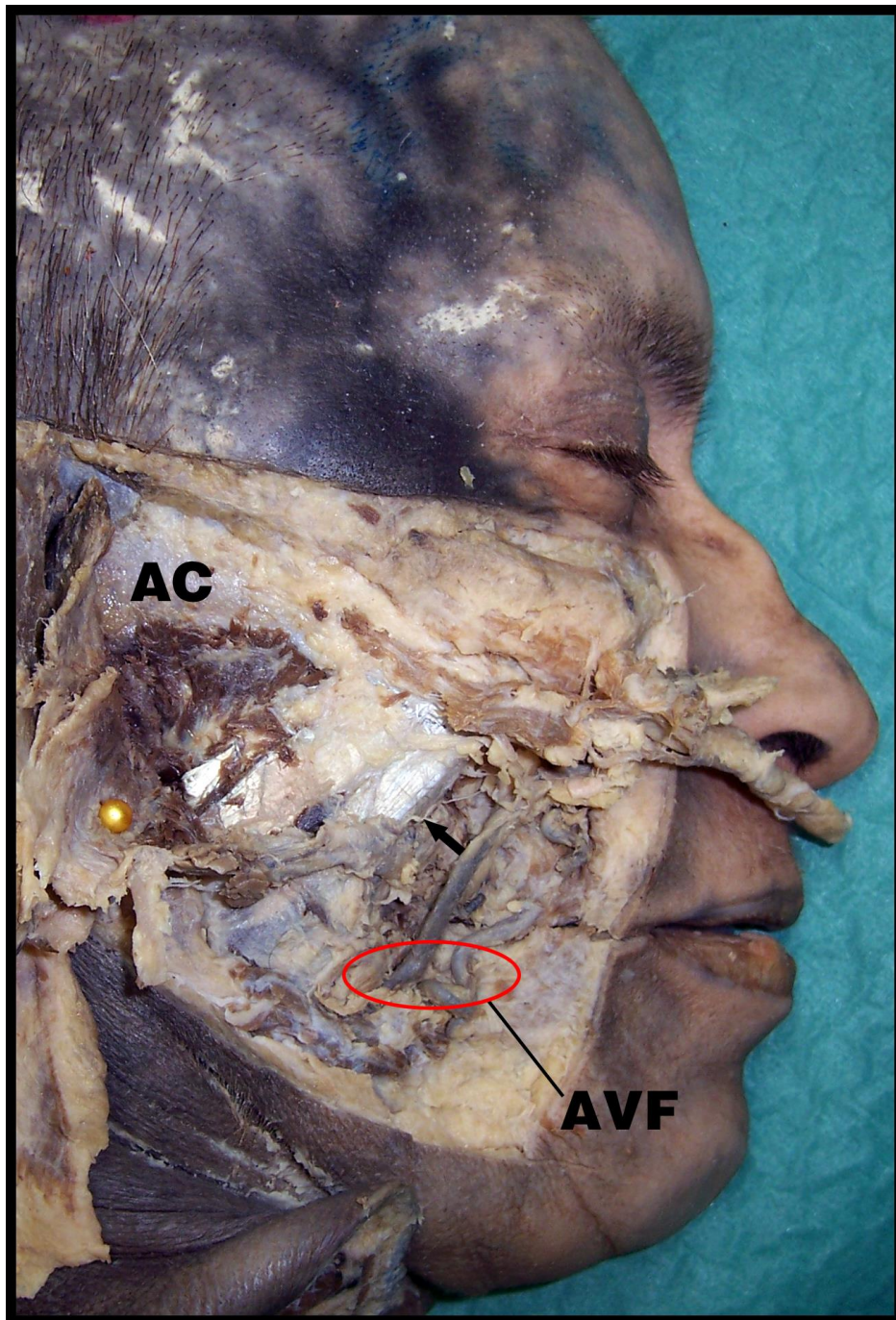


Figura 5. Visión lateral derecha de la cabeza para exponer el músculo masetero. AVF: arteria y vena facial. AC: arco cigomático. Flecha: borde anterior del músculo masetero.



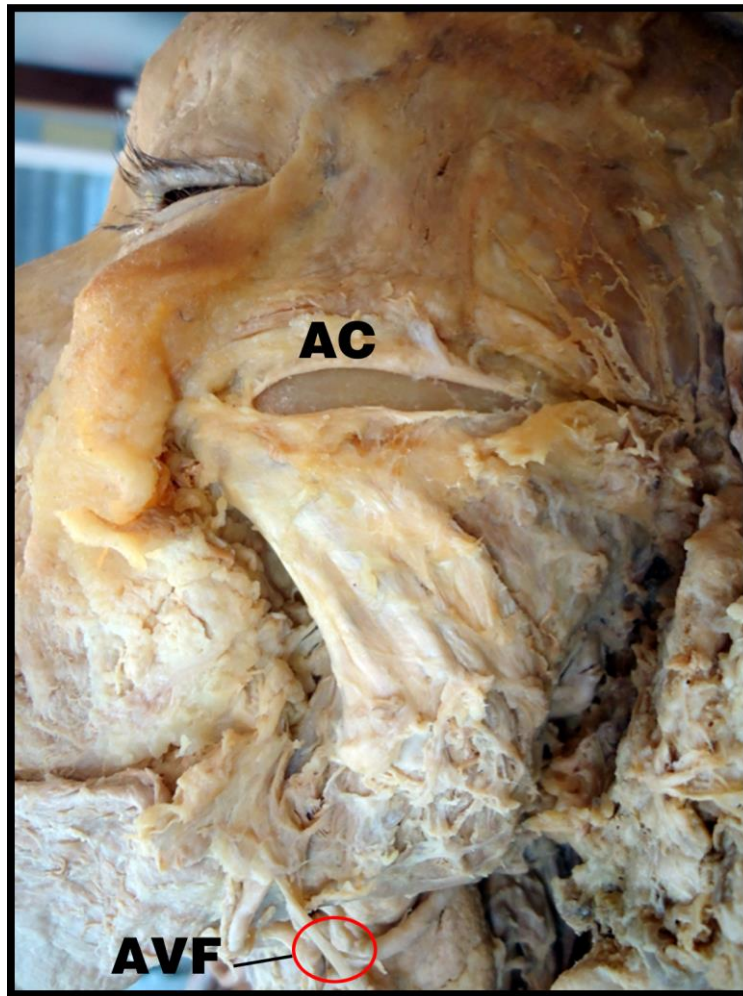


Figura 6. Visión lateral izquierda de la cabeza para mostrar el procedimiento de la desinserción superior del músculo masetero. Obsérvese la incisión en el arco cigomático, primer paso de la disección del músculo masetero.

Antes de desinsertar el músculo masetero, se realizó una disección del nervio maseterino y la arteria maseterina desde la escotadura mandibular. Se midió la distancia desde el paso por debajo del arco cigomático hasta la entrada distal en el músculo masetero para obtener la longitud total del nervio. Este paso no se realizó por problemas técnicos en una de las muestras, siendo el total de nervios estudiados 57. Después se desinsertó el músculo masetero para obtenerlo en bloque (Figura 7). La desinserción del músculo se inició separando su origen a

nivel del arco cigomático de forma subperióstica para facilitar la posterior descripción de los fascículos musculares. Luego se continuo con la desinserción de sus fibras a nivel de la rama vertical y horizontal de la mandíbula. El proceso de obtención del músculo masetero en bloque se terminó con la identificación de su borde medial y la separación de las estructuras adyacentes, teniendo especial consideración con el músculo cigomático mayor.

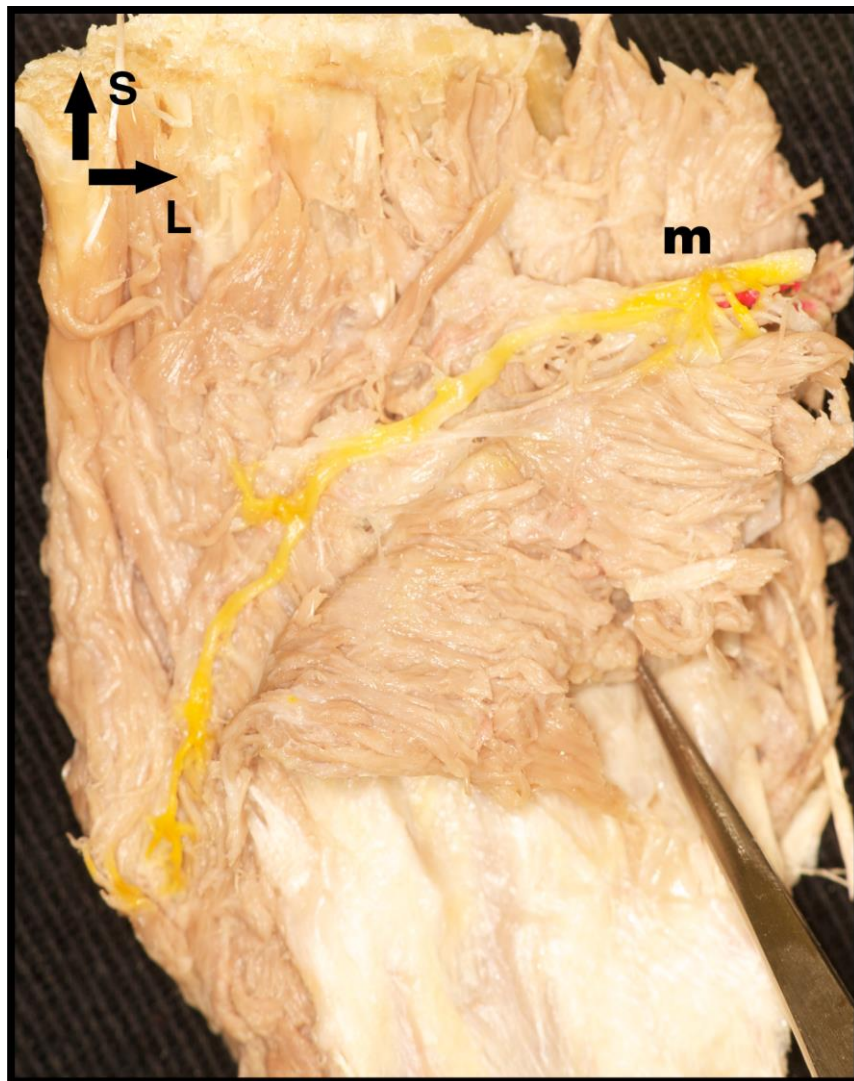


Figura 7. Visión posterior del músculo masetero en su integridad con el trayecto intramuscular del nervio maseterino (m) resaltado en amarillo. El fascículo profundo del músculo está replegado para exponer el recorrido completo y la ramificación del nervio maseterino. S: superior. L: lateral.

### 3.3.3 Descripción del músculo masetero

Se describió el número de fascículos del músculo y las distintas variantes que presentaban. Se identificaron el origen del músculo masetero en el cigoma y el arco cigomático, además de su inserción distal a nivel de las ramas mandibulares. Se preservaron en todo momento las ramas del nervio que penetraban a los diferentes fascículos musculares.

### 3.3.4 Disección intramuscular del nervio maseterino y sus ramas

La disección microquirúrgica del nervio maseterino se realizó, en 19 nervios, desde su entrada al músculo hasta la división final, para la identificación de su recorrido y de las ramas nerviosas colaterales que inervan los diferentes fascículos musculares. Se describió la dirección anterior o posterior de cada rama colateral, cuantificando la distancia del punto de origen de cada rama tomando como inicio de dicha distancia el paso del nervio por la escotadura mandibular y determinando la distancia entre cada rama. Se seleccionaron un total de 40 casos de nuestra muestra para realizar las mediciones de la primera y segunda rama intramuscular del nervio maseterino. Por otro lado, se seleccionaron 19 nervios de la muestra total para la descripción de las ramas totales del nervio maseterino (Figura 8).

### 3.3.5 Descripción de las relaciones del nervio con la arteria maseterina en su trayecto intramuscular

Como parte de la disección del nervio maseterino y con el objetivo de aplicar al campo clínico sus relaciones anatómicas se determinó la relación del nervio con la

arteria maseterina, antes de la entrada en el músculo masetero y durante su recorrido intramuscular. Para ello se seleccionaron 19 nervios del total de la muestra estudiada (Figura 9 y 10).

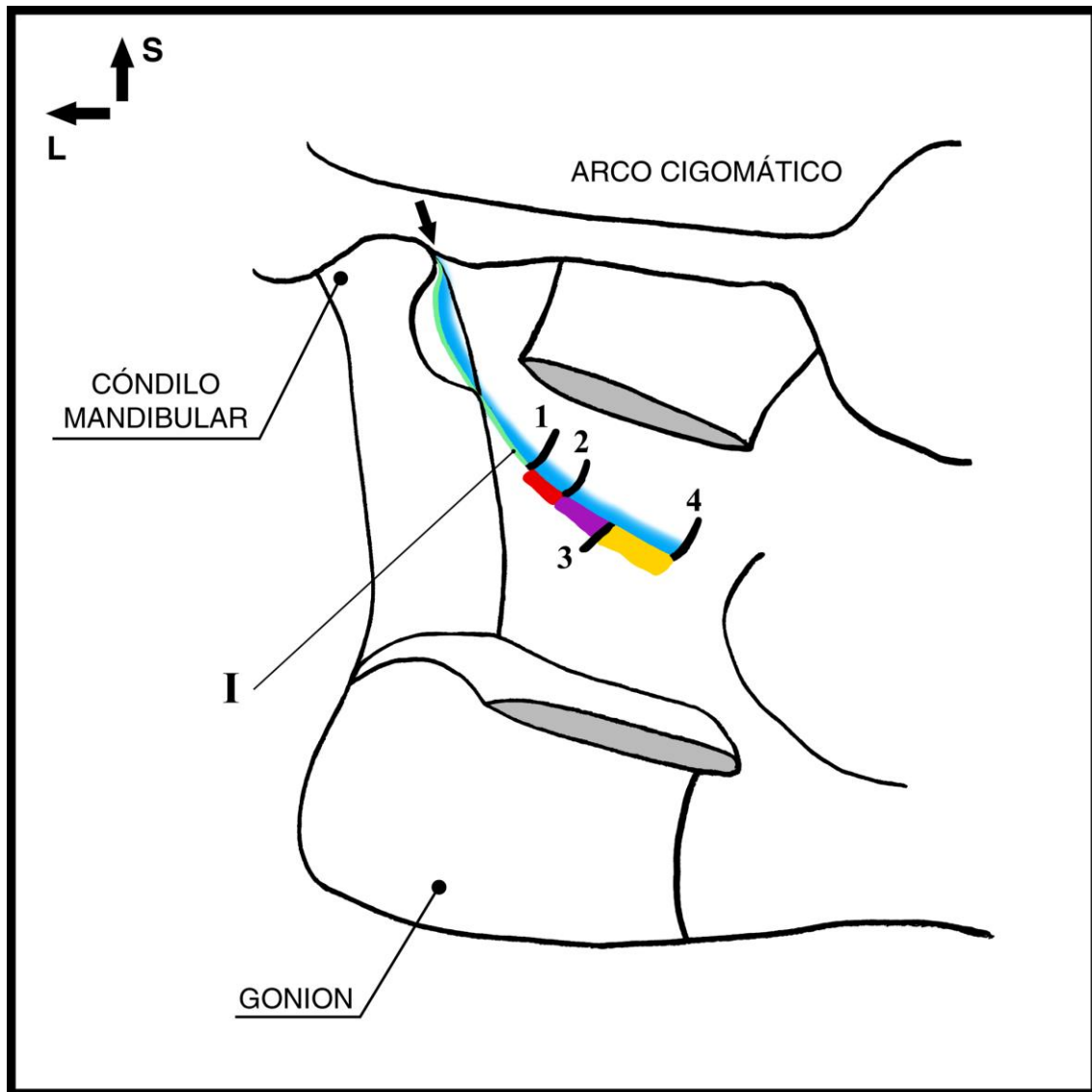


Figura 8. Esquema de una visión lateral de la cara, en el que se muestra el trayecto del nervio maseterino (trazado azul) considerando el paso del nervio por la escotadura mandibular debajo del arco cigomático como punto de inicio (flecha) hasta su última rama intramuscular. El número 1 representa la distancia de origen de la primera rama intramuscular. La distancia entre el origen del resto de ramas intramusculares la hemos representado de un color distinto en el esquema. El color rojo representa la distancia entre la primera y segunda rama intramuscular. El color morado representa la distancia entre la segunda y tercera rama intramuscular. El color amarillo representa el origen entre la tercera y cuarta rama intramuscular. S: superior. L: lateral. 1: primera rama. 2: segunda rama. 3: tercera rama. 4: cuarta rama.



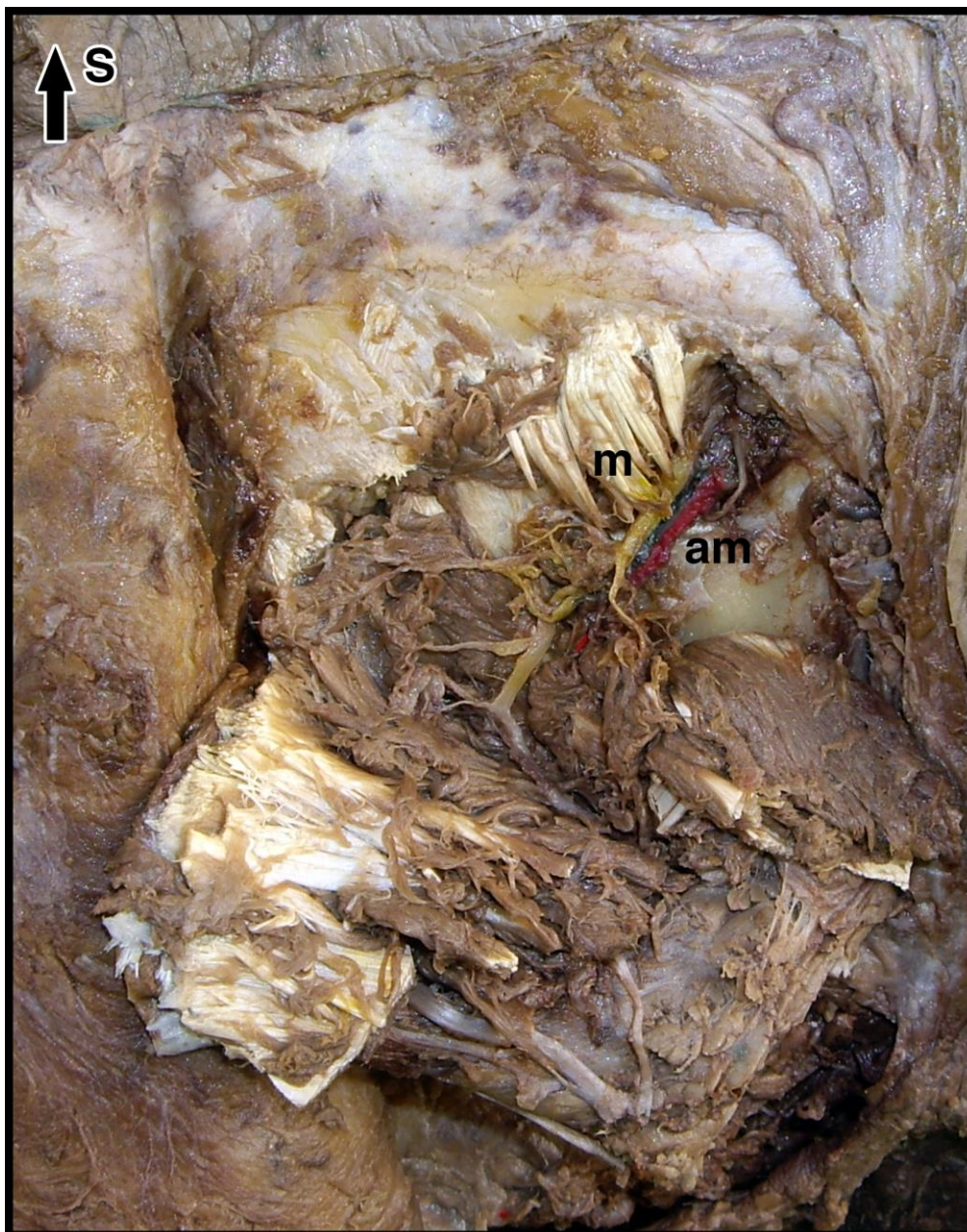


Figura 9. Visión lateral izquierda de la cabeza para mostrar la disección *in situ* del nervio maseterino (m) y la arteria maseterina (am). S: superior.

3.3.6 Localización de la rama del nervio maseterino que inerva el fascículo superficial del músculo masetero: anatomía topográfica.

Con el objetivo de facilitar la localización intraoperatoria del nervio maseterino en la cirugía de reanimación dinámica de la parálisis facial se diseñaron dos líneas de referencia en 17 casos de nuestra muestra. La primera línea unía el gonion con el

origen del arco cigomático y la segunda línea unía la comisura bucal con el cóndilo mandibular. Estas líneas dividían al músculo masetero en cuatro áreas: antero-superior, antero-inferior, postero-superior y postero-inferior (Figura 11). El punto

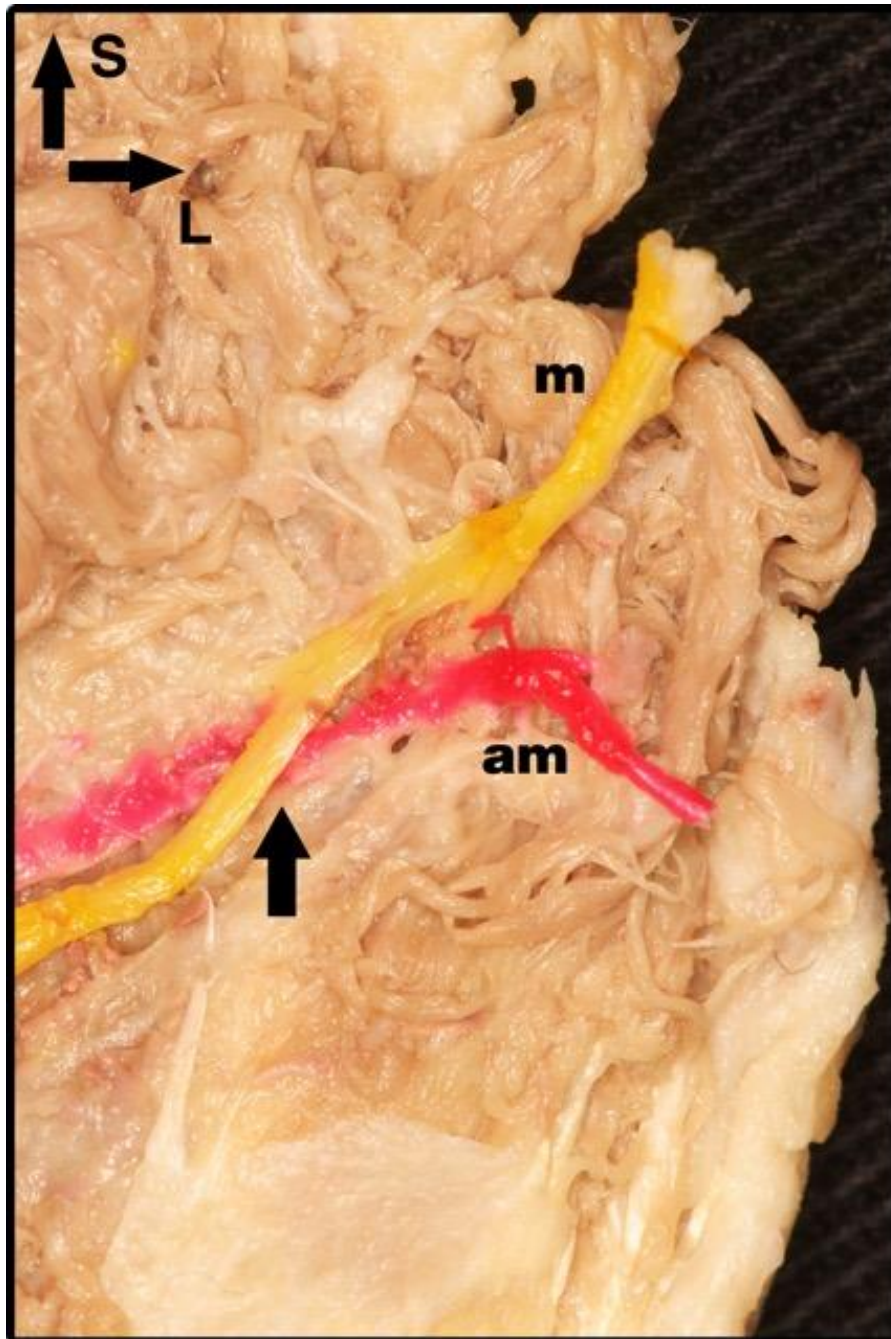


Figura 10. Visión posterior del músculo masetero una vez desinsertado en bloque. Se observa la arteria maseterina (am) y el nervio maseterino (m). En la figura se puede apreciar la relación entre el nervio y la arteria al entrar en el músculo y durante el trayecto intramuscular. La flecha indica la ubicación en la cual la arteria maseterina cruza por delante del nervio maseterino. m: nervio maseterino. am: arteria maseterina. S: superior. L: lateral.

de intersección de estas líneas de referencia se marcó en la piel tras realizar la exposición del músculo masetero se realizó una transposición de dicho punto de referencia a la superficie del músculo. Al realizar la disección de la rama del nervio maseterino para el fascículo superficial, se determinó el área en que dicha rama se situaba, sirviendo de referencia. La rama del fascículo superficial puede ser utilizada en clínica, respetando así la inervación restante del músculo; es decir la de los fascículos.

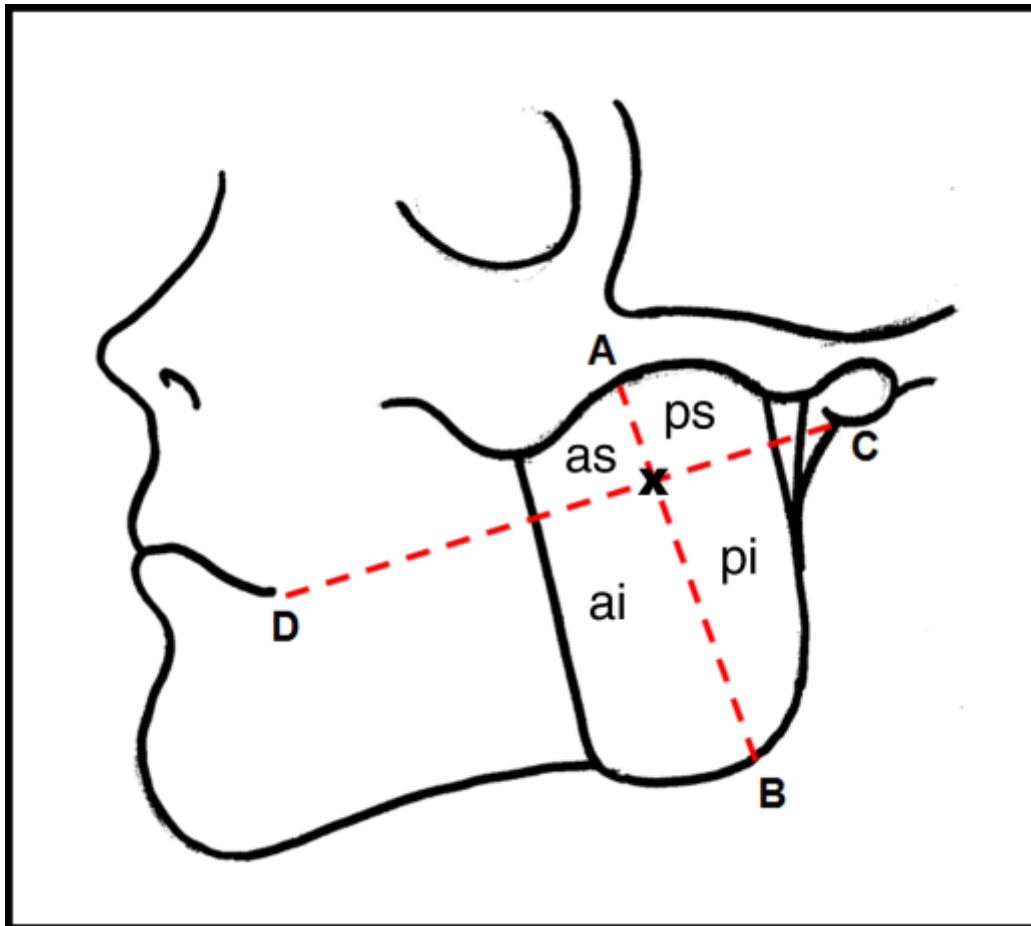


Figura 11. Esquema de una visión lateral de la cara, en el que se han dibujado las líneas de referencia para la ubicación de la rama del nervio maseterino para el fascículo superficial del músculo masetero. Línea AB: desde el inicio del arco cigomático hasta el gonion. Línea CD: desde el cóndilo mandibular hasta la comisura oral. as: área antero-superior. ai: área antero-inferior. ps: área postero-superior. pi: área postero-inferior. X: punto de intersección de las líneas de referencia.

### 3.3.7 Obtención de muestras del nervio maseterino

En 19 de los nervios maseterinos estudiados, se procedió, una vez expuesto el nervio maseterino, a la obtención de las muestras para realizar un análisis inmunohistoquímico, con el objetivo de determinar su carga axonal. Para ello se extrajeron, a diferentes niveles del tronco principal o de las diferentes ramas del nervio, segmentos del nervio maseterino. Así, la muestra de cada nervio etiquetada como "I" correspondió a la entrada del nervio en el músculo, es decir, al tronco principal del nervio antes de dar su primera rama; la muestra etiquetada como "II" correspondió al segmento de nervio inmediatamente posterior a dar su primera rama: la muestra etiquetada como "III" corresponde a la primera rama intramuscular del nervio; finalmente, la muestra etiquetada como "IV" correspondió al segmento de nervio inmediatamente posterior a dar su segunda rama (Figura 12). Se consideraron las ramas intramusculares del nervio maseterino como puntos de referencia para establecer los segmentos de toma de las muestras para su análisis inmunohistoquímico por ser referencias anatómicas constantes y que permiten una fácil reproducción de nuestro estudio por otros investigadores. Además se consideró la primera rama intramuscular como uno de los segmentos a estudiar por mantener unas características constantes en todos los nervios que hemos analizado.

### 3.3.8 Exposición y obtención de la rama anterior del nervio obturador para el músculo *gracilis*

La disección de la rama anterior del nervio obturador se realizó (n=14) según la técnica de disección para la obtención del músculo *gracilis* como colgajo libre. Así,



se colocó el miembro inferior en abducción, con la rodilla y la cadera en flexión. Se identificó por palpación el origen tendinoso del músculo *aductor longus* en la parte medial del muslo y en su tercio proximal se realizó una incisión medial a este músculo, continuando hasta la fascia profunda para la exposición del músculo

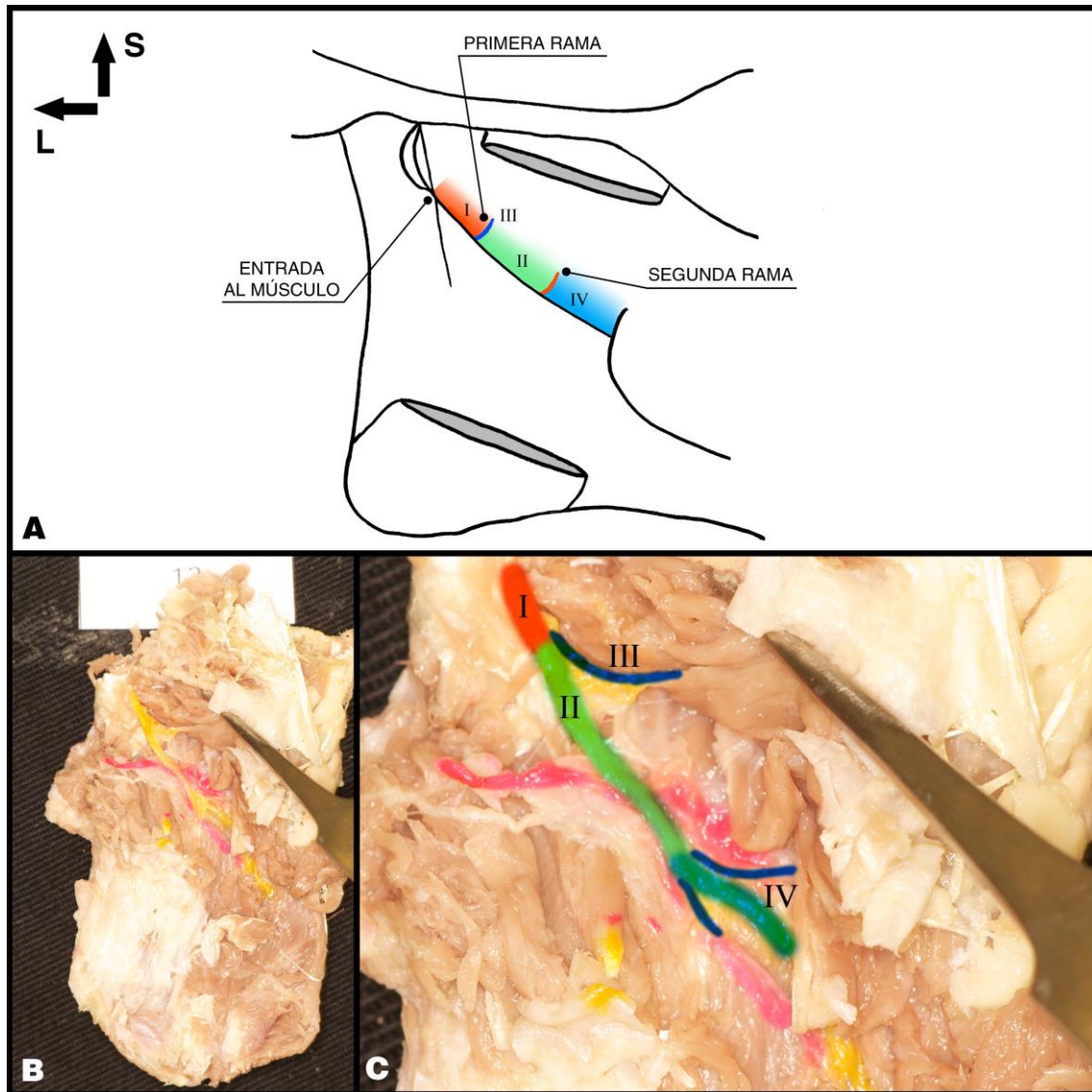


Figura 12. Muestras obtenidas del nervio maseterino. A. Figura esquemática de una visión lateral de la hemicara derecha, en la que se puede observar el detalle de los diferentes niveles de extracción de los segmentos del nervio maseterino para su análisis inmunohistoquímico. I: entrada del nervio en el músculo antes de dar origen a su primera rama. II: segmento de nervio inmediatamente posterior a dar su primera rama. III: primera rama intramuscular. IV: segmento de nervio inmediatamente posterior a dar su segunda rama. B. Músculo masetero izquierdo. C. Detalle del músculo masetero mostrado en B, en el que se ha señalado sobre el nervio maseterino los diferentes segmentos tomados para el análisis inmunohistoquímico, descritos en A. S: superior. L: lateral.

*gracilis*, que se ubicó medial y posterior a este músculo. El pedículo vásculo-nervioso para el músculo *gracilis* se ubica aproximadamente entre 6 – 12 cm inferior al tubérculo púbico. Una vez identificado el nervio, se realizó una disección y toma de muestra del mismo a su entrada al músculo (Figura 13).

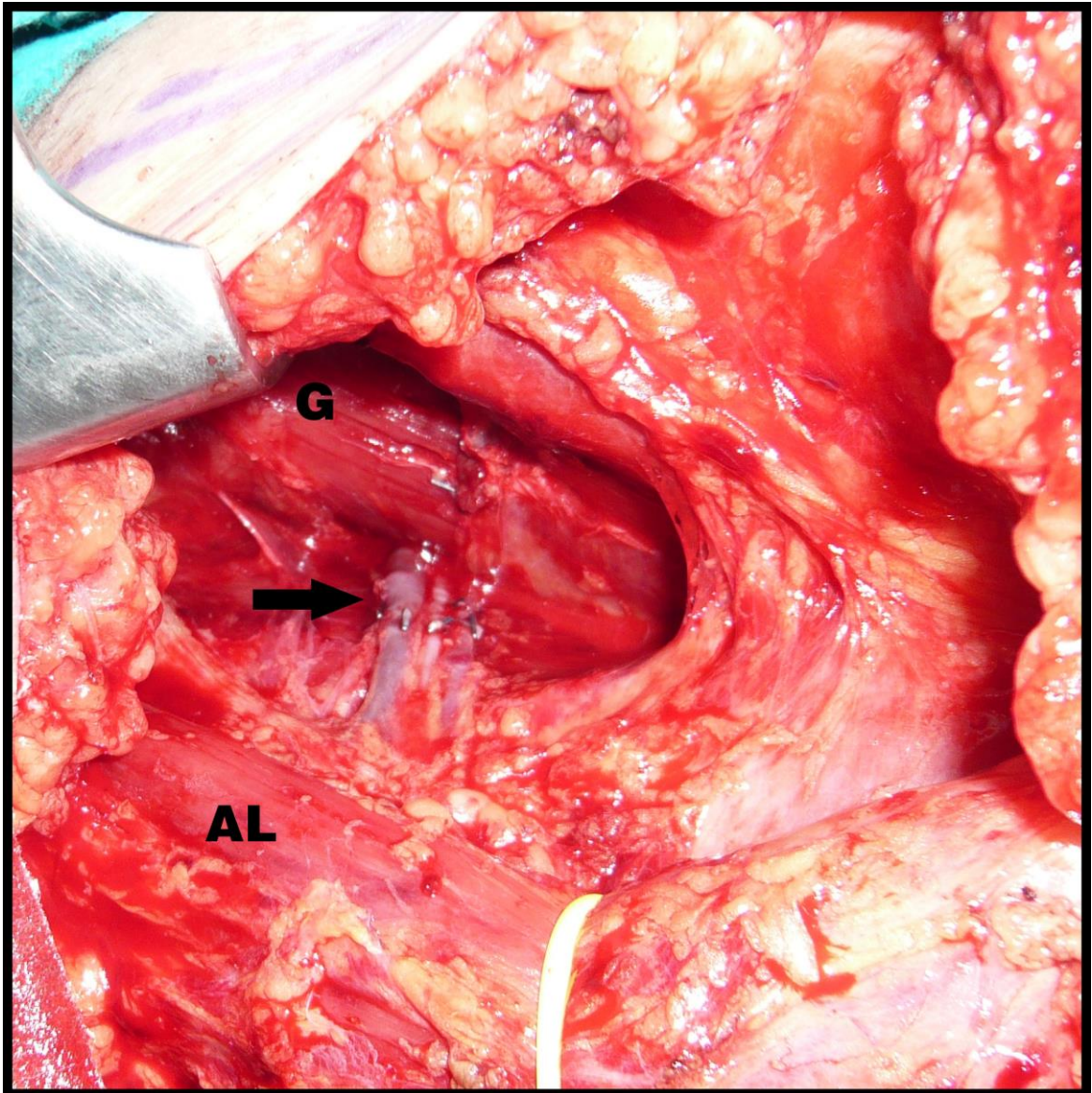


Figura 13. Disección intraoperatoria del músculo gracilis mostrando la entrada de su pedículo vascular. G: músculo *gracilis*. AL: *adductor longus*.

### 3.4 Inmunohistoquímica

Una vez extraídos los segmentos a analizar de cada nervio, se embebieron en una solución de paraformaldehído al 4 % en tampón fosfato salino (PBS, 0.1 M, pH 7.4) durante 2 días. Después se lavaron con PBS y se deshidrataron mediante una batería de alcoholes de concentración creciente, se sumergieron en butanol y se incluyeron en parafina, para ser cortados mediante un micrótomo en secciones transversales de 12  $\mu$ m de grosor, que fueron colocadas sobre portas xilanizados.

Para realizar la detección inmunohistoquímica de la ChAT se seleccionaron dos portas de cada nervio. Las muestras se desparafinaron mediante xilol y se hidrataron pasándolos por una batería de alcoholes de concentración decreciente y un último baño en agua destilada. A continuación se sometió a las muestras a un desenmascaramiento de antígenos, mediante un tratamiento químico (20 minutos de incubación en una solución tampón de citrato de sodio ,10.2 mM, pH 6.1 a 95°C). Después de realizar lavados con tampón Tris salino (TBS, 0.1M, pH 7.4) se inhibieron las peroxidasas endógenas mediante la incubación con una solución de peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) al 3,3% en TBS durante 30 minutos. Tras lavar con TBS conteniendo el 0.3% de Triton X-100 (TBST) las muestras se trataron durante 1 hora con una solución bloqueante de uniones inespecíficas (10% de suero del animal en el que se genera el anticuerpo secundario (en este caso suero de caballo), 3% de suero de albumina bovina (BSA), ambos sueros diluidos en TBST). Inmediatamente después las muestras se incubaron durante 48 horas con el anticuerpo primario anti-ChAT, generado en cabra (AB144P; Chemicon) a una concentración de 1:50, diluido en una solución de suero de caballo al 5% en TBST. Uno de los portas de cada pareja no se incubó con anticuerpo primario, sino

solamente con la solución de suero de caballo al 5% en TBST, sirviendo esta muestra como control negativo de la inmunohistoquímica. Después de lavar con TBST se incubó durante 24 horas con el anticuerpo secundario anti-cabra conjugado a biotina (1:200; Vector) en una solución de TBST. El sobrante de anticuerpo secundario se eliminó después mediante lavados con TBST para, a continuación, incubar durante una hora las muestras con el complejo avidina-biotina-peroxidasa (Kit ABC; Vector; 1:100). Tras realizar varios lavados en tampón Tris (TB, 0.1M, pH 7.4) las muestras se incubaron con DAB intensificada con níquel y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Peroxidase DAB substrate kit; Vector) en oscuridad durante un mínimo de 2 minutos y un máximo de 15 minutos, quedando un precipitado azul oscuro en aquellos lugares donde esté presente el anticuerpo. Una vez revelada la presencia de la ChAT, los portas se sumergieron en diversos alcoholes de graduación creciente, para deshidratar el tejido, y a continuación en xilol, para poder proceder a su montaje con DPX y ser analizadas mediante microscopia óptica.

El registro fotográfico de las preparaciones se realizó con los objetivos 10x o 20x, dependiendo del tamaño del nervio, mediante una cámara digital acoplada al microscopio. Las fotografías se utilizaron para contar los axones marcados con la inmunohistoquímica mediante el software Image J (NIH) (Figura 14). Cada muestra se cuantificó siempre tomando como referencia el correspondiente control negativo, para descartar la tinción no específica.

### **3.5 Estadística**

Para el estudio estadístico de las muestras macroscópicas y microscópicas se utilizó el paquete estadístico IBM SPSS (International Business Machines Corp. SPSS Statistics Premium Faculty Pack 21.0). Se utilizó la prueba no paramétrica Mann-Whitney debido a la dispersión en las variables utilizadas y al tamaño de la muestra, para comparar las medianas de los resultados del conteo de los axones con tinción positiva para ChAT. En el análisis estadístico se comparó por separado la mediana del número de axones ChAT positivos de cada segmento del nervio maseterino con la mediana del mismo dato de todos los nervios obturadores. Es decir, la mediana del número de axones ChAT positivos del segmento "I" del nervio maseterino con la mediana del nervio obturador, y de esta forma con el resto de los segmentos. Se consideró resultados estadísticamente significativos aquellos con  $p < 0,05$ . Para la presentación de los resultados se utilizó parámetros de estadística descriptiva como medidas de tendencia central (media aritmética) y medidas de dispersión (rango y desviación estándar).



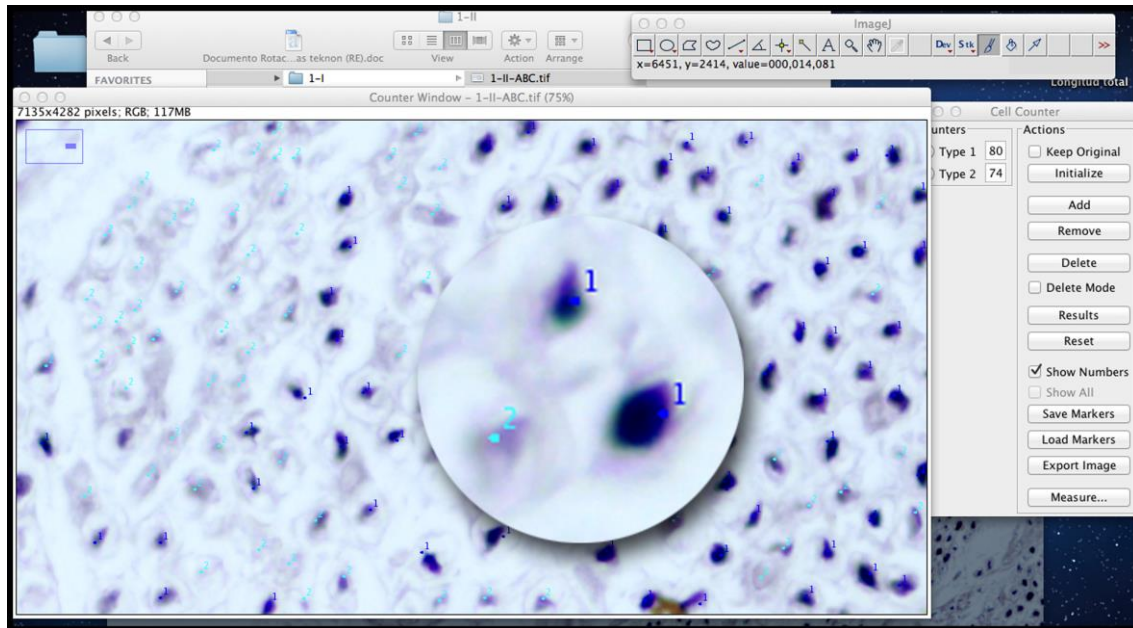


Figura 14. Análisis de los resultados obtenidos tras el marcaje inmunohistoquímico con el anticuerpo acetilcolintransferasa (ChAT) mediante el software Image J (NIH). Los axones ChAT positivos se pueden observar teñidos de color negro intenso. El programa informático permite cuantificar, de forma manual, por un lado los axones que están marcados y por otro los que son ChAT negativos, es decir, que no se han marcado en la inmunohistoquímica. En el ejemplo que se muestra en esta figura, se observa el marcaje de los axones ChAT positivos de un nervio obturador. Los axones marcados con el número 1 representan los axones ChAT positivos y se cuantifican en el programa como type 1 (en la figura observamos 80 axones en este grupo). Los axones ChAT negativos se marcan con el número 2 y se cuantifican en el programa como type 2 (en la figura observamos 24 axones en este grupo).

## **4. RESULTADOS**

## 4.1 Disección

### 4.1.1 Número de fascículos del músculo masetero

Durante la disección de los músculos maseteros hemos obtenido información sobre el número de fascículos que lo componen. Hemos hallado tres tipos de composición muscular: dos fascículos, tres fascículos y dos fascículos con un tendón intermedio; clasificándolos en tipo I, tipo II y tipo III respectivamente. De los 58 músculos estudiados, 21 pertenecen al tipo I (36%), 32 pertenecen al tipo II (55%) y los 5 restantes pertenecen al tipo III (9%) (Tabla 4). Es importante mencionar que en cuatro cabezas la composición, en cuanto al número de fascículos, de los músculos maseteros de ambos lados es diferente. Así, en estas cuatro cabezas los músculos maseteros derechos se componen de 3 fascículos, mientras que los izquierdos se componen de 2 fascículos.

TIPO MUSCULAR	TOTAL (%)
I	36
II	55
III	9

Tabla 4. Resultados de los tipos musculares.

### 4.1.2 Medidas del nervio maseterino y sus ramas

En este estudio hemos realizado la desinserción del borde superior del músculo masetero en el arco cigomático midiendo la distancia del nervio maseterino desde su paso por debajo del arco cigomático hasta la entrada en el músculo masetero (n=57). Luego hemos realizado la obtención en bloque del músculo masetero y



hemos cuantificado la longitud total del nervio maseterino hasta el origen de la rama intramuscular más distal. Como se puede observar en la Tabla 5 el rango de dicha distancia se encuentra entre 20,00 mm y 52,26 mm La media y desviación estándar de dicha distancia en la muestra analizada es de  $33,97 \pm 7,48$  mm.

Muestra	Longitud total del nervio desde su paso por el arco cigomático hasta su última rama intramuscular
1	33,72
2	43,78
4	27,03
5	33,37
6	38,59
7	52,26
8	47,74
9	38,17
10	34,03
11	40,95
12	31,97
13	46,64
14	32,84
15	41,75
16	47,66
17	49,81
18	39,41
19	37,47
20	40,76
21	35,00
22	35,00
23	30,00
24	30,00
25	25,00
26	20,00
27	30,00
28	40,00
29	27,00
30	35,00
31	30,00
32	31,00
33	22,00
34	27,00
35	26,00
36	30,00
37	25,00

38	28,00
39	27,00
40	25,00
41	20,00
42	24,70
43	37,94
44	34,23
45	39,43
46	41,56
47	32,91
48	37,29
49	30,14
50	33,70
51	24,10
52	30,30
53	45,00
54	30,34
55	35,00
56	35,46
57	36,69
58	31,59
Media±DE	33,97 ± 7,48

Tabla 5. Longitud del nervio maseterino desde su paso por el arco cigomático hasta el origen de la última rama intramuscular. La muestra 3 no se incluyó por estar artefactada.

Posteriormente hemos cuantificado la distancia del origen de las ramas intramusculares del nervio maseterino (n=40). Como se puede observar en la Tabla 6 la primera rama intramuscular aparece a  $12,65 \pm 4,71$  mm desde la escotadura mandibular; el rango de dicha distancia se encuentra entre 3 mm y 23 mm (Figura 15). Estos resultados corresponden a 38 muestras. La distancia de la segunda rama intramuscular se midió en 38 nervios, se encuentra a  $17,54 \pm 6,41$  mm desde la escotadura mandibular; el rango de dicha distancia va de 5 mm a 35 mm. Fueron excluidos aquellos nervios en los que solo se identificaba una rama.

MUESTRA	DISTANCIA (mm)	
	1era rama	2da rama
1	12,48	17,10
2	12,26	16,77
4	11,54	25,79
5	12,77	17,01
6	12,90	14,84
7	12,02	24,89
8	12,19	24,35
9	11,05	13,19
10	11,15	18,16
11	12,79	22,27
12	13,33	20,18
13	11,09	27,50
14	11,59	24,80
15	12,70	16,57
16	12,14	22,84
17	11,87	13,62
18	12,45	19,75
19	13,77	15,22
20	13,62	15,94
21	5,00	10,00
22	5,00	10,00
23	19,00	X
24	15,00	15,00
25	6,00	11,00
26	8,00	12,00
27	20,0	25,00
28	20,0	35,00
29	3,00	5,00
30	4,00	7,00
31	23,0	7,00
32	X	13,00
33	15,0	17,00
34	18,0	X
35	14,0	15,00
36	19,0	22,00
37	6,00	15,00
38	15,0	20,00
39	20,0	25,00
40	17,0	20,00
41	8,00	12,00
Media±DE	12,65 ± 4,71	17,54 ± 6,41

Tabla 6. Longitud del nervio maseterino en milímetros (mm) desde el borde inferior del arco cigomático hasta el origen de su primera y segunda rama intramuscular. X: muestras en las que no se pudo obtener esta distancia por artefactos técnicos.

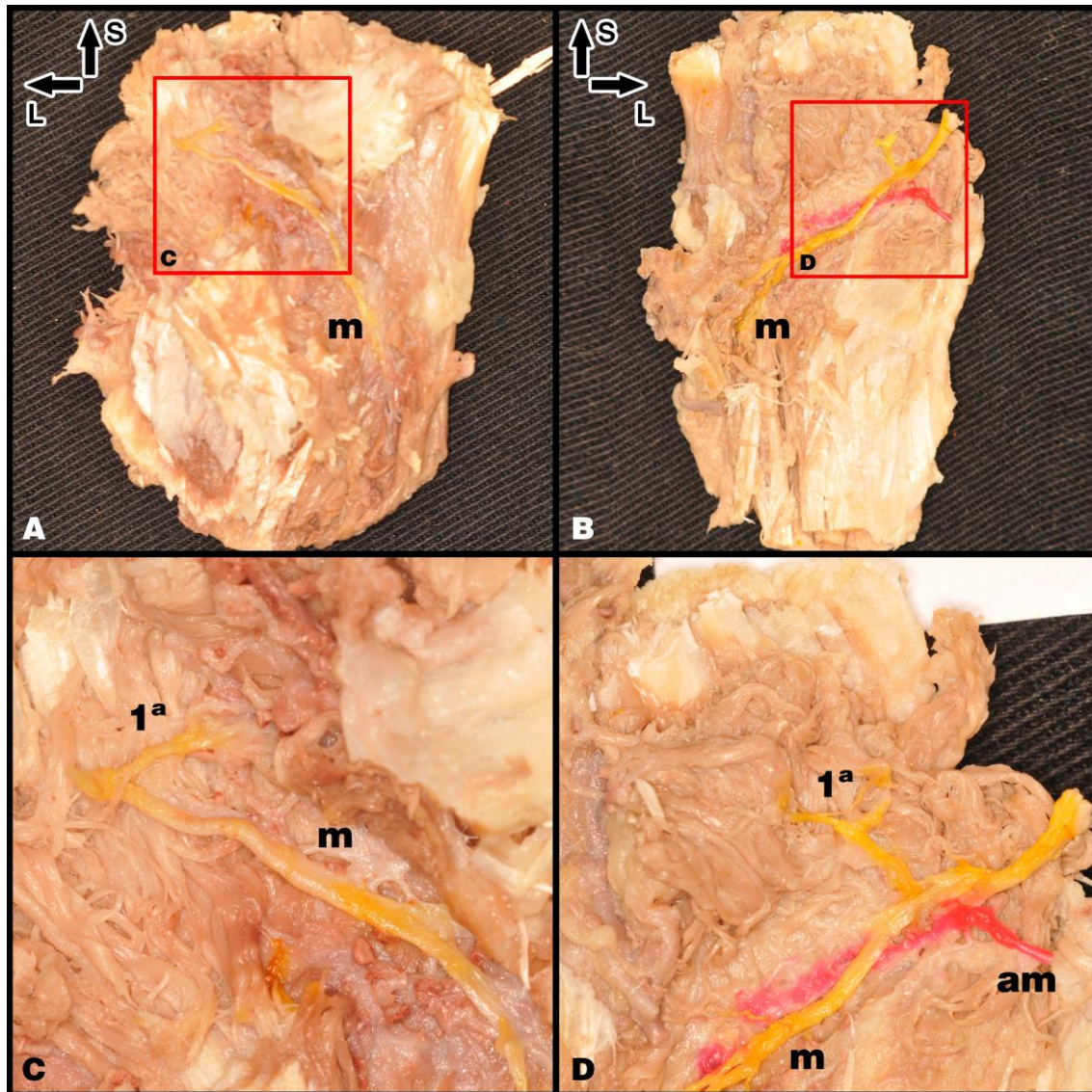


Figura 15. A: Visión lateral de la superficie profunda de un músculo masetero izquierdo para mostrar el recorrido intramuscular del nervio maseterino. B: Visión lateral de la superficie profunda de un músculo masetero derecho para mostrar el recorrido intramuscular del nervio maseterino. C: Ampliación de A para mostrar el origen de la primera rama intramuscular. D: Ampliación de B para mostrar el origen de la primera rama intramuscular. Obsérvese además el recorrido de la arteria maseterina cruzando al nervio por delante. m: nervio maseterino. am: arteria maseterina. 1<sup>a</sup>: primera rama intramuscular del nervio maseterino. S: superior. L: lateral.

Durante la disección de las ramas intramusculares del nervio maseterino hemos observado una variabilidad en el origen de la segunda rama intramuscular y del resto de ramas en comparación con la relativa constancia de la primera rama intramuscular. Hemos cuantificado el número de ramas del nervio maseterino que

inervan el músculo masetero y hemos medido las distancias de origen de las ramas tomando como inicio la entrada del nervio en el músculo masetero, así como la dirección de salida de las ramas desde el tronco (Figura 16). En la muestra seleccionada (n=19) hemos hallado que el número de ramas intramusculares es de  $6,10 \pm 1,52$  (Tabla 7).

MUESTRA	NÚMERO DE RAMAS
1	7
2	8
4	3
5	7
6	7
7	7
8	7
9	7
10	6
11	4
12	6
13	4
14	4
15	9
16	6
17	6
18	5
19	7
20	6
Media $\pm$ DE	$6,10 \pm 1,52$

Tabla 7. Número de ramas del nervio maseterino

El nervio maseterino número 1 presenta 7 ramas (tabla 7); la segunda rama es de dirección anterior y se ubica a 4,62 mm de la rama previa y a 17.10 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La tercera y cuarta rama se ubican a 2,65 mm de la rama previa y a 19,75 mm, del paso del nervio por debajo del arco cigomático, una de ellas en dirección anterior y la otra en dirección posterior. La



quinta y sexta rama se ubican a 7,34 mm de la rama previa y a 27,09 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático.

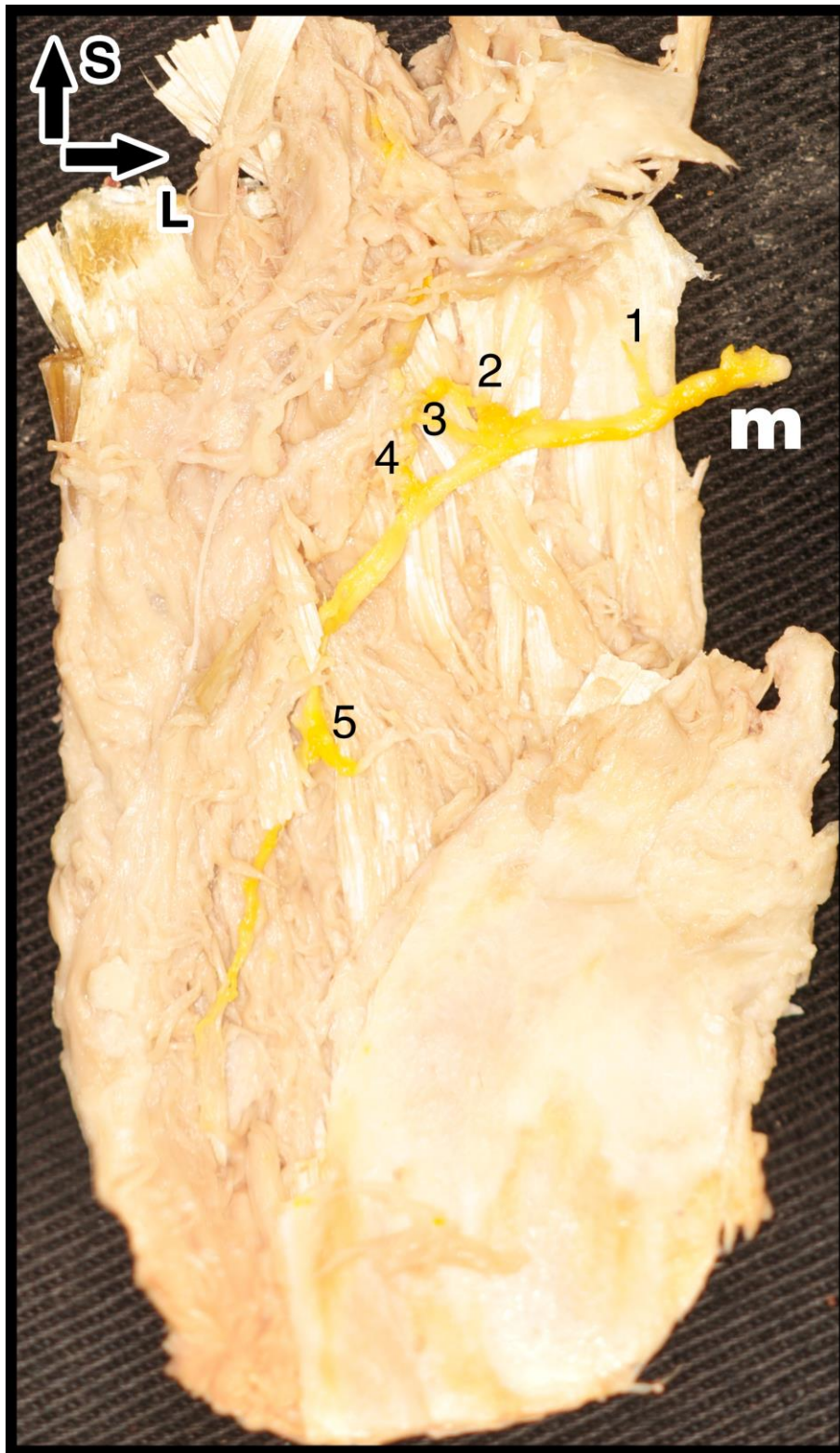


Figura 16. Visión posterior de un músculo masetero derecho. Se muestra el nervio maseterino (m), en amarillo, en todo su recorrido intramuscular con sus ramas (1-5). S: superior. L: lateral.

Finalmente el nervio maseterino da una séptima rama de dirección anterior a 4,19 mm de la rama previa y a 31,28 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático (Tabla 8). El nervio penetra el fascículo intermedio y se dirige al fascículo superficial.

El nervio maseterino número 2 presenta 8 ramas (Tabla 7); la segunda rama es anterior y se ubica a 4,51 mm de la primera rama y a 16,77 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La tercera rama es anterior y se ubica a 4,72 mm de la rama previa y a 21,49 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La cuarta y quinta rama tienen el mismo origen, con una rama en dirección anterior y otra posterior y se ubican a 4,21 mm de la rama previa y a 25,70 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático; la rama posterior se divide a su vez en dos ramas, una de ellas se dirige al fascículo profundo del músculo y otra al fascículo superficial. La sexta y séptima rama tienen el mismo origen, siguiendo una dirección anterior y posterior respectivamente, ubicándose a 11,82 mm de la quinta rama y a 37,52 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La rama posterior, es decir, la séptima rama, tiene el doble del diámetro que su rama especular. Finalmente el nervio da una última rama posterior a 3,96 mm de la rama previa y a 41,48 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático (Tabla 8), para luego continuar paralelo al borde anterior del músculo masetero.

El nervio maseterino número 4 presenta 3 ramas (Tabla 7); la segunda rama es posterior y se ubica a 14,25 mm de la primera rama y a 25,79 mm. del paso del nervio por debajo del arco cigomático La tercera rama es anterior ubicándose a 4,56 mm de la rama previa y a 30,35 mm. del paso del nervio por debajo del arco

cigomático (Tabla 8). Finalmente el nervio continúa paralelo al borde anterior del músculo masetero.

El nervio maseterino número 5 presenta 7 ramas (Tabla 7); la segunda y tercera rama tienen un origen común ubicándose a 4,24 mm de la rama previa y a 17,01 mm, del paso del nervio por debajo del arco cigomático con una rama en dirección anterior y otra posterior. La cuarta y quinta rama tienen un origen común, con una rama en dirección anterior y otra posterior, ubicándose a 8,72 mm de la rama previa y a 25,73 mm. del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La sexta rama es posterior ubicándose a 4,56 mm de la rama previa y a 30,29 mm. del paso del nervio por debajo del arco cigomático. Finalmente el nervio da una última rama posterior a 2,75 mm de la rama previa y a 32,86 mm, del paso del nervio por debajo del arco cigomático (Tabla 8), para luego continuar paralelo al borde anterior del músculo masetero.

El nervio maseterino número 6 presenta 7 ramas (Tabla 7); la segunda rama es de dirección anterior y se divide a su vez en dos ramas, ubicándose a 1,94 mm de la rama previa y a 14,84 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La tercera rama es de dirección anterior ubicándose a 5,30 mm de la rama previa y a 20,14 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La cuarta y quinta rama tienen el mismo origen, una de ellas en dirección anterior y la otra en dirección posterior, ubicándose a 10,06 mm de la rama previa y a 30,20 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La sexta rama es de dirección posterior ubicándose a 4,75 mm de la rama previa y a 34,95 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La séptima rama es de dirección posterior ubicándose a 2,70 mm de la rama precia y a 37,65 mm del paso del nervio por



debajo del arco cigomático (Tabla 8). Finalmente el nervio maseterino penetra el fascículo superficial y se dirige al borde anterior del fascículo superficial.

El nervio maseterino número 7 presenta 7 ramas (Tabla 7); la segunda rama es anterior ubicándose a 12,40 mm de la rama previa y a 24,89 del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La tercera rama es anterior ubicándose a 1,00 mm de la rama previa y a 25,89 mm. del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La cuarta rama es anterior ubicándose a 9,04 mm de la rama previa y a 34,93 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La quinta rama es anterior ubicándose a 6,97 mm de la rama previa y a 41,90 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La sexta rama es posterior ubicándose a 5.21 mm de la rama previa y a 47,11 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. Finalmente el nervio da una última rama anterior a 2,15 mm de la rama previa y a 49,26 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático(Tabla 8), para luego continuar paralelo al borde anterior del músculo masetero.

El nervio maseterino número 8 presenta 7 ramas (Tabla 7); la segunda rama es de dirección anterior ubicándose a 12,63 mm de la rama previa y a 24,35 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La tercera y cuarta rama tienen el mismo origen, y ambas tienen una dirección anterior, ubicándose a 3,24 mm de la rama previa y a 27,59 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La quinta rama es anterior ubicándose a 5,56 mm de la rama previa y a 33,15 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La sexta rama es posterior ubicándose a 8,48 mm de la rama previa y a 41,63 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La séptima rama es posterior ubicándose a 10,2 mm de la rama previa y a 43,97 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático

(Tabla 8). Finalmente el nervio maseterino continúa en dirección paralela al borde anterior del músculo masetero.

El nervio maseterino número 9 presenta 7 ramas (Tabla 7); la segunda rama es anterior ubicándose a 2,14 mm de la rama previa y a 13,19 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La tercera rama es anterior ubicándose a 2,09 mm de la rama previa y a 15,28 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La cuarta y quinta rama tienen el mismo origen, con una rama en dirección anterior y otra posterior; ubicándose a 7,55 mm de la rama previa y a 22,83 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La sexta rama es anterior ubicándose a 5,62 mm de la rama previa y a 28,45 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. Finalmente el nervio da una última rama posterior a 12,69 mm de la rama previa y a 41,14 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático (Tabla 8), para luego continuar paralelo al borde anterior del músculo masetero.

El nervio maseterino número 10 presenta 6 ramas (Tabla 7); la segunda rama es anterior ubicándose a 7,01 mm de la rama previa y a 18,16 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La tercera rama es anterior ubicándose a 7,15 mm de la rama previa y a 25,31 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La cuarta y quinta rama tienen el mismo origen, con una rama en dirección anterior y otra posterior; ubicándose a 6,94 mm de la rama previa y a 32,25 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La sexta rama es posterior ubicándose a 4,27 mm de la rama previa y a 36,52 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático (Tabla 8). Finalmente el nervio continúa hacia el borde anterior del músculo masetero.

El nervio maseterino número 11 presenta 4 ramas (Tabla 7); la segunda rama es anterior ubicándose a 7,29 mm de la rama previa y a 22,27 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La tercera rama es anterior ubicándose a 7,54 mm de la rama previa y a 29,81 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La cuarta rama es posterior ubicándose a 9,35 mm de la rama previa y a 39,16 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático (Tabla 8). Finalmente el nervio continúa hacia el borde anterior del músculo masetero.

El nervio maseterino número 12 presenta 6 ramas (Tabla 7); la segunda rama es anterior ubicándose a 6,85 mm de la rama previa y a 20,18 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La tercera y cuarta rama tienen el mismo origen, con una rama en dirección anterior y otra posterior; ubicándose a 3,82 mm de la rama previa y a 24,0 del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La quinta y sexta rama también tienen el mismo origen, con una rama en dirección anterior y otra posterior; ubicándose a 5,88 mm de la rama previa y a 29,88 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático (Tabla 8). Finalmente el nervio continúa hacia el borde anterior del músculo masetero.

El nervio maseterino número 13 presenta 4 ramas (Tabla 7); la segunda rama es anterior ubicándose a 16,41 mm de la rama previa y a 27,50 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La tercera rama es anterior ubicándose a 9,65 mm de la rama previa y a 37,15 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La cuarta rama es posterior ubicándose a 10,74 mm de la rama previa y a 47,89 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático (Tabla 8). Finalmente el nervio continúa hacia el borde anterior del músculo masetero.

El nervio maseterino número 14 presenta 4 ramas (Tabla 7); la segunda y tercera rama tienen el mismo origen, con una rama en dirección anterior y otra posterior; ubicándose a 13,21 mm de la rama previa y a 24,80 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La cuarta rama es posterior ubicándose a 9,21 mm de la rama previa y a 34,47 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático (Tabla 8). Finalmente el nervio continúa hacia el borde anterior del músculo masetero.

El nervio maseterino número 15 presenta 9 ramas (Tabla 7); la segunda rama es anterior ubicándose a 3,87 mm de la rama previa y a 16,57 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La tercera rama es anterior ubicándose a 1,05 mm de la rama previa y a 17,62 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La cuarta y quinta rama tienen el mismo origen, con una rama en dirección anterior y otra posterior; ubicándose a 5,54 mm de la rama previa y a 23,16 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La sexta y séptima rama también tienen el mismo origen, con una rama en dirección anterior y otra posterior; ubicándose a 6,35 mm de la rama previa y a 29,51 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La octava rama es posterior ubicándose a 6,90 mm de la rama previa y a 36,41 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La novena rama es posterior ubicándose a 38,39 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático y a 1,98 mm de la rama previa (Tabla 8). Finalmente el nervio continúa a lo largo del borde anterior del músculo.

El nervio maseterino número 16 presenta 6 ramas (Tabla 7); se ubican 2 nervios maseterinos a su entrada en el músculo masetero. Los nervios penetran en el músculo masetero uno al lado del otro y su separación se produce a 12,14 mm de

su entrada. El nervio de ubicación anterior se dirige hacia el fascículo profundo sin emitir ramas durante su trayecto. El nervio de ubicación posterior da sus tres primeras ramas en un tronco común a 10,07 mm de la separación con el nervio de ubicación anterior y a 22,84 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático, dos ramas tienen una dirección anterior y una posterior. La cuarta, quinta y sexta rama son anteriores. La cuarta rama se ubica a 4,69 mm de la rama previa y a 27,53 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La quinta rama se ubica a 5,19 mm de la rama previa y a 32,72 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La sexta rama se ubica a 6,64 mm de la rama previa y a 39,36 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático (Tabla 8). Finalmente el nervio continúa hacia el borde anterior del músculo masetero.

El nervio maseterino número 17 presenta 6 ramas (Tabla 7); la segunda rama es anterior ubicándose a 1,75 de la rama previa y a 13,62 de su entrada en el músculo. La tercera rama es anteriores y se ubican a 3,62 mm de la rama previa y a 15,49 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La cuarta rama es posterior, se ubica a 9,62 mm de la rama previa y a 25,11 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La quinta rama es anterior y se ubica a 3,94 mm de la rama previa y a 29,05 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. El nervio continúa hacia el borde anterior del músculo masetero y da una última rama posterior a 20,15 mm de la rama previa y a 49,20 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático (Tabla 8).

El nervio maseterino número 18 presenta 5 ramas (Tabla 7); la segunda y tercera rama tienen el mismo origen, con una rama en dirección anterior y otra posterior que se divide en dos ramas a su vez; ubicándose a 7,30 mm de la rama previa y a

19,75 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La cuarta y quinta rama son anteriores. La cuarta rama se ubica a 9,57 mm de la rama previa y a 29,32 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La quinta rama se ubica a 9,40 mm de la rama previa y a 38,72 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático (Tabla 8). Luego el nervio continua hacia el borde anterior del músculo masetero.

El nervio maseterino número 19 presenta 7 ramas (Tabla 7); la segunda y tercera rama son anteriores. La segunda rama se ubica a 1,45 mm de la rama previa y a 15,22 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. la tercera rama se ubica a 1,31 mm de la rama previa y a 16,53 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La cuarta y quinta rama tienen el mismo origen, con una rama en dirección anterior y otra posterior ubicándose a 6,10 mm de la rama previa y a 22,63 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La sexta rama es anterior ubicándose a 5,93 mm de la rama previa y a 28,56 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La séptima rama es posterior ubicándose a 7,74 mm de la rama previa y a 36,30 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático (Tabla 8). Luego el nervio continua hacia el borde anterior del músculo masetero.

El nervio maseterino número 20 presenta 6 ramas (Tabla 7); la segunda rama es anterior ubicándose a 2,32 mm de la rama previa y a 15,94 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La tercera rama es posterior ubicándose a 6,39 mm de la rama previa y a 22,33 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático. La cuarta y quinta rama tienen el mismo origen, con una rama en dirección anterior y otra posterior ubicándose a 6,37 mm de la rama previa y a 28,70 mm del

paso del nervio por debajo del arco cigomático. Luego el nervio continúa hacia el borde anterior del músculo masetero dando una rama final en dirección anterior a 11,28 mm de la rama previa y a 39,98 mm del paso del nervio por debajo del arco cigomático (Tabla 8).

#### 4.1.3 Localización de la rama del nervio maseterino que inerva el fascículo superficial del músculo masetero: anatomía topográfica

Con el objetivo de trasladar los hallazgos anatómicos del nervio maseterino a la práctica clínica en la cirugía de reanimación dinámica de la parálisis facial, hemos utilizado dos líneas de referencia para la localización del nervio durante su disección (Figura 11); una línea une el gonion con el origen del arco cigomático y la otra línea une la comisura bucal con el cóndilo mandibular.

Estas líneas dividen al músculo masetero en cuatro segmentos: antero-superior, antero-inferior, postero-superior y postero-inferior. En nuestra muestra analizada (17 muestras del total del nervio maseterino) en el 35,3 % de los casos el origen de la primera rama intramuscular se encuentra en la intersección de estas dos líneas. En el cuadrante antero-superior hallamos el origen de otro 35,3% de los casos. En el cuadrante antero-inferior y postero-superior hallamos el origen en un 11,7% de los casos respectivamente. En el cuadrante postero-inferior hallamos el 5,9% restante de los casos (Figura 17).

	RAMAS									T O T A L
	1era	2da	3era	4ta	5ta	6ta	7ma	8va	9na	
1	12,48 ant	17,10 ant	19,75 ant	19,75 post	27,09 post	27,09 ant	31,28 ant			7
2	12,26 ant	16,77 ant	21,49 ant	25,7 ant	25,7 post	37,52 ant	37,52 post	41,48 post		8
4	11,54 ant	25,79 post	30,35 ant							3
5	12,77 ant	17,01 ant	17,01 post	25,73 ant	25,73 post	30,29 post	32,86 ant			7
6	12,90 ant	14,84 ant	20,14 ant	30,20 ant	30,20 post	34,95 post	37,65 ant			7
7	12,02 ant	24,89 ant	25,89 ant	34,93 ant	41,90 ant	47,11 post	49,26 ant			7
8	12,19 ant	24,35 ant	27,59 ant	27,59 post	33,15 ant	41,63 post	43,97 post			7
9	11,05 ant	13,19 ant	15,28 ant	22,83 ant	22,83 post	28,45 ant	41,14 post			7
10	11,15 ant	18,16 ant	25,31 ant	32,25 ant	32,25 post	36,52 post				6
11	12,79 ant	22,27 ant	29,81 ant	39,16 post						4
12	13,33 ant	20,18 ant	24,00 ant	24,00 post	29,88 ant	29,88 post				6
13	11,09 ant	27,50 ant	37,15 ant	47,89 post						4
14	11,59 ant	24,80 ant	24,80 post	34,47 post						4
15	12,70 ant	16,57 ant	17,62 ant	23,16 ant	23,16 post	29,51 ant	29,51 post	36,41 ant	38,39 post	9
16	12,14 ant	22,84 ant	22,84 post	27,53 ant	32,72 ant	39,36 ant				6
17	11,87 ant	13,62 ant	15,49 ant	25,11 ant	29,05 post	49,20 ant				6
18	12,45 ant	19,75 ant	19,75 post	29,32 ant	38,72 ant					5
19	13,77 ant	15,22 ant	16,53 ant	22,63 ant	22,63 post	28,56 ant	36,30 post			7
20	13,62 ant	15,94 ant	22,33 post	28,70 ant	28,70 post	39,98 ant				6

Tabla 8. Medidas en milímetros (mm) de la distancia de origen de las ramas del nervio maseterino y descripción de su dirección en anterior (ant), posterior (post) y cuando en un mismo punto se originan una rama anterior y posterior (ant-post).



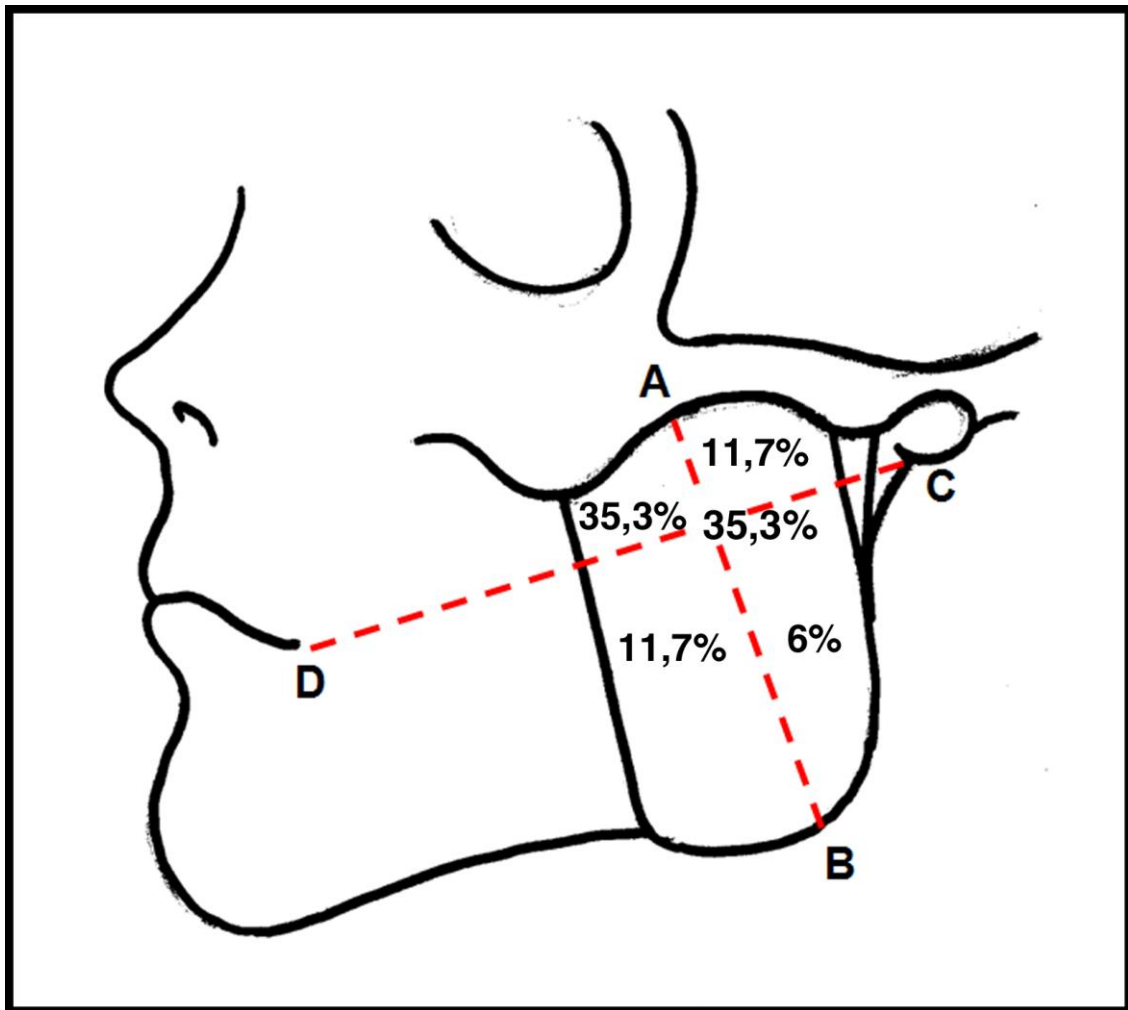


Figura 17. Localización de la rama del nervio maseterino para el fascículo superficial del músculo masetero según su ubicación en las áreas formadas por dos líneas de referencia: la que une el gonion con el origen del arco cigomático y la que une la comisura bucal con el cóndilo mandibular.

#### 4.1.4. Relaciones entre el nervio maseterino y la arteria maseterina

En relación a los hallazgos sobre las características de la relación del nervio maseterino y la arteria maseterina a su paso por la escotadura mandibular encontramos que, tomando como referencia al propio nervio, dicha arteria puede realizar su entrada en el músculo masetero anterior o posterior al nervio. Se obtuvo, además, información sobre el recorrido intramuscular de esta arteria, en

relación a si cruza o no al nervio maseterino, y si lo realiza por delante o por detrás al mismo (n=19).

En cuanto a la entrada de estas estructuras vículo-nerviosas en el músculo masetero, hallamos que en 18 casos (95%) existe una única arteria maseterina que penetra en el músculo masetero (Figura 18); y en un solo caso, dos arterias maseterinas que entran en el músculo (muestra 6). En relación a los casos de una única arteria entrando al músculo, en 11 piezas anatómicas (61%) la arteria realiza una entrada anterior en relación al nervio maseterino, y en 7 casos (39%) la arteria realiza una entrada posterior en relación nuevamente con el nervio maseterino.

En el único caso de dos arterias maseterinas que entran al músculo (Figura 19)), éstas se localizaban anterior (6A) y posterior (6B) respectivamente al nervio maseterino (Tabla 9). En la relación que presentan la arteria y el nervio maseterino durante su recorrido intramuscular, encontramos que la arteria maseterina cruza al nervio maseterino en el 100% de los casos, realizándolo directamente a través de su tronco principal o de sus ramas (Figura 20). Cuando se trata de una única arteria, en 17 casos (95%) este cruce se realizaba por delante del nervio, y en 1 caso (5%) la arteria o sus ramas cruzan al nervio por detrás (Tabla 10). En el caso de existir dos arterias maseterinas, éstas se conectan a través de ramas que pasan por delante del nervio maseterino (Figura 19).

MUESTRA	Entrada al músculo		Intramuscular	
	Posterior	Anterior	Por detrás	Por delante
1	X		X	
2		X		X
4	X			X
5	X			X
6A		X		X
6B	X			X
7	X			X
8	X			X
9		X		X
10		X		X
11	X			X
12	X			X
13		X		X
14		X		X
15		X		X
16		X		X
17	X			X
18	X			X
19	X			X
20	X			X

Tabla 9. Relación de la arteria maseterina con el nervio maseterino. En la muestra 6 existen dos arterias a su entrada al músculo denominadas como 6A y 6B

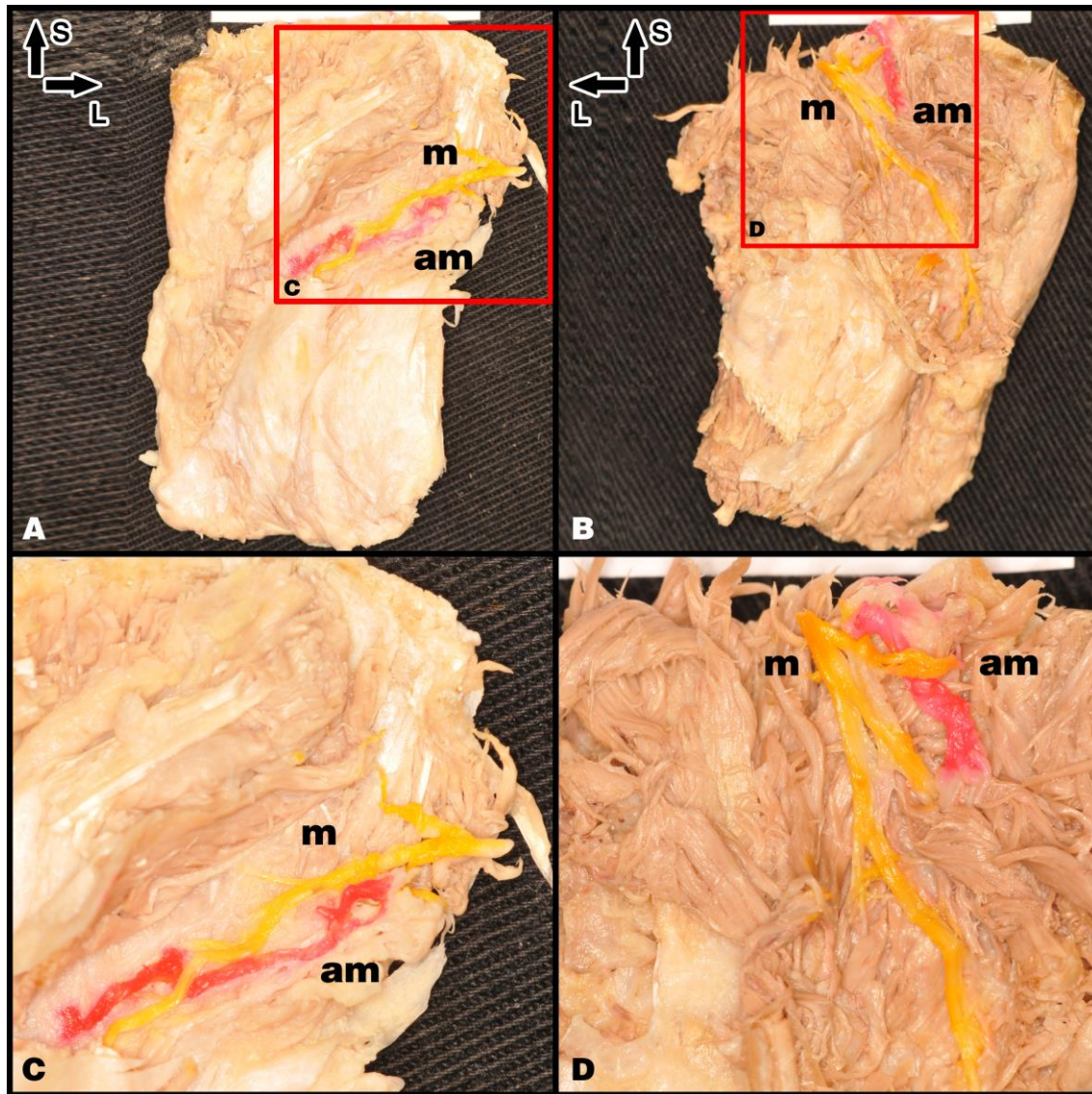


Figura 18. A: Visión lateral de la superficie profunda de un músculo masetero derecho para mostrar la relación del nervio y la arteria maseterina a su entrada en el músculo. B: Visión lateral de la superficie profunda de un músculo masetero izquierdo para mostrar la relación del nervio y la arteria maseterina a su entrada en el músculo masetero. C: Ampliación de A para mostrar la entrada posterior de la arteria maseterina en relación al nervio maseterino. D: Ampliación de B para mostrar la entrada anterior de la arteria maseterina en relación al nervio maseterino. Obsérvese además el recorrido de la arteria maseterina cruzando por delante de la primera rama del nervio maseterino. m: nervio maseterino. am: arteria maseterina. S: superior. L: Lateral.



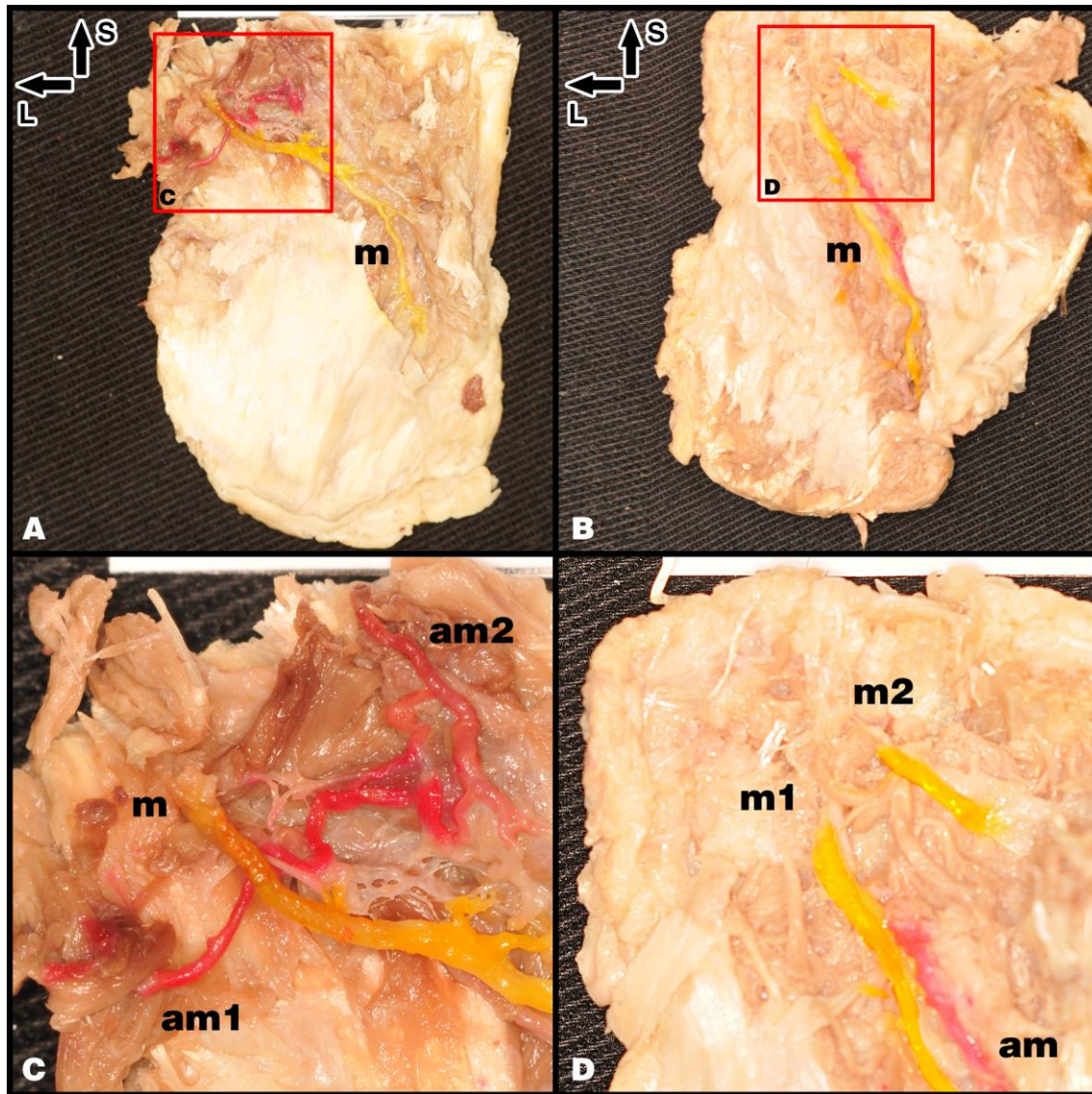


Figura 19. A: Visión lateral de la superficie profunda de un músculo masetero izquierdo en la que se observa la presencia de dos arterias maseterinas y un único nervio maseterino a su entrada en el músculo. B: Visión lateral de la superficie profunda de un músculo masetero izquierdo para mostrar la presencia de dos nervios maseterinos y una única arteria maseterina a su entrada en el músculo. C: Ampliación de A para mostrar la unión de las dos arterias maseterinas pasando por delante del nervio maseterino. D: Ampliación de B para mostrar la presencia de dos nervios maseterinos y una única arteria maseterina a su entrada en el músculo. m: nervio maseterino. m1: nervio maseterino 1. m2: nervio maseterino 2. am: arteria maseterina. am1: arteria maseterina 1. am2: arteria maseterina 2. S: superior. L: lateral.

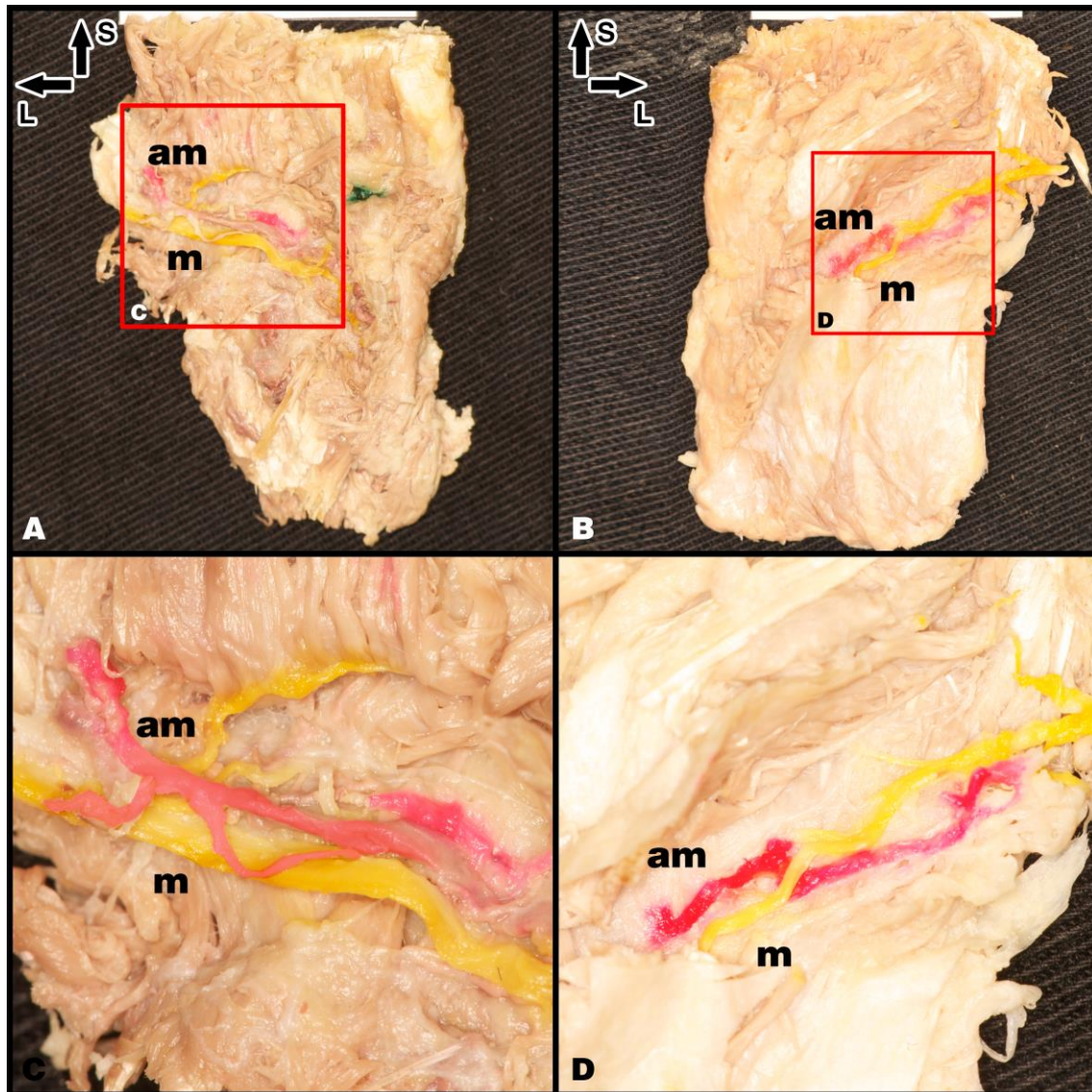


Figura 20. A: Visión lateral de la superficie profunda de un músculo masetero izquierdo para mostrar la relación del nervio y la arteria maseterina durante su recorrido intramuscular. B: Visión lateral de la superficie profunda de un músculo masetero derecho para mostrar la relación del nervio y la arteria maseterina durante su recorrido intramuscular. C: Ampliación de A para mostrar la arteria maseterina cruzando por detrás del nervio maseterino. D: Ampliación de B para mostrar la arteria maseterina cruzando por delante del nervio maseterino. m: nervio maseterino. am: arteria maseterina. S: superior. L: lateral.

#### 4.1.5. Recorrido intramuscular del nervio maseterino

Hemos realizado la descripción del recorrido que el nervio maseterino realiza en el músculo masetero (n=19). Hemos observado que en 9 casos (45%) este recorrido se realiza intramuscularmente en el fascículo profundo; en 7 casos (35%) este



recorrido se realiza entre el fascículo profundo y el superficial; en 1 caso (5%) el recorrido se realizó intramuscularmente en el fascículo intermedio; en un caso (5%) se realizó entre el fascículo intermedio y superficial; y en otro caso (5%) entre el fascículo profundo e intermedio (Tabla 10).

MUESTRA	FASCÍCULO MUSCULARES
1	profundo/superficial
2	profundo/superficial
4	superficial/intermedio
5	intermedio
6	intermedio
7	profundo
8	profundo
9	profundo/superficial
10	profundo
11	profundo
12	profundo/superficial
13	profundo/superficial
14	profundo/superficial
15	profundo
16	profundo
17	profundo
18	profundo
19	profundo/intermedio
20	profundo

Tabla 10. Recorrido intramuscular del nervio maseterino en relación a los fascículos musculares. Éste puede ser entre dos fascículos musculares (profundo/superficial; superficial/intermedio; profundo/intermedio) o intramuscular en un fascículo determinado (intermedio; profundo)

La siguiente tabla resume las relaciones anatómicas de la arteria maseterina, el nervio maseterino y el músculo masetero, en 20 casos de la muestra (Tabla 11).

En la muestra número 1, el músculo masetero está compuesto por 2 fascículos. La entrada de la arteria al músculo se realiza posterior al nervio. Luego en el

recorrido intramuscular la arteria cruza al nervio por detrás. El recorrido del nervio se realiza entre el fascículo profundo y superficial.

	Músculo Patrón	Entrada de la arteria en relación al nervio	Cruza la arteria al nervio	Nervio recorrido
1	2 fascículos	Posterior	Por detrás	prof /sup
2	2 fascículos	Anterior	Por delante	prof /sup
3	2 fascículos	–	–	–
4	3 fascículos	Posterior	Por delante	sup/int
5	3 fascículos	Posterior	Por delante	Intermedio
6	3 fascículos	2 arterias: anterior y posterior al nervio	Por delante	Intramuscular intermedio
7	3 fascículos	Posterior	Por delante	Intramuscular profundo
8	3 fascículos	Posterior	Por delante	Intramuscular profundo
9	2 fascículos	Anterior	Por delante	prof/sup
10	2 fascículos	Anterior	Por delante	Intramuscular profundo
11	3 fascículos	Posterior	Por delante	Intramuscular profundo
12	2 fascículos	Posterior	Por delante	prof/sup
13	2 fascículos	Anterior	Por delante	prof/sup
14	2 fascículos	Anterior	Por delante	prof/sup
15	3 fascículos	Anterior	Por delante	Intramuscular profundo
16	2 fascículos	Anterior	Por delante	Intramuscular profundo
17	2 fascículos	Posterior	Por detrás	Intramuscular profundo
18	2 fascículos	Posterior	Por delante	Intramuscular profundo
19	3 fascículos	Posterior	Por delante	profundo/ intermedio
20	2 fascículos	Posterior	Por delante	Intramuscular profundo

Tabla 11. Relaciones anatómicas de la arteria, nervio y músculo masetero. Se muestra la ubicación de la arteria maseterina en la entrada al músculo masetero en relación al nervio maseterino; la relación de la arteria maseterina en su trayecto intramuscular al cruzar o no al nervio maseterino; el recorrido intramuscular del nervio maseterino y finalmente el número de fascículos del músculo masetero. –: muestra no procesada por problemas técnicos. prof: fascículo profundo. int: fascículo intermedio. sup: fascículo superficial.



En la muestra número 2, el músculo masetero está compuesto por 2 fascículos. La entrada de la arteria al músculo se realiza anterior al nervio. Luego en el recorrido intramuscular la arteria cruza al nervio por delante. El recorrido del nervio se realiza entre el fascículo profundo y superficial.

En la muestra número 3, el músculo masetero está compuesto por 2 fascículos.. No hemos podido hallar la arteria a su entrada ni en el recorrido intramuscular. El recorrido del nervio se realiza en el fascículo intermedio y continúa en el fascículo superficial.

En la muestra número 4, el músculo masetero está compuesto por 2 fascículos. La entrada de la arteria al músculo se realiza posterior al nervio. Luego en el recorrido intramuscular la arteria cruza al nervio por delante. El recorrido del nervio se realiza entre el fascículo profundo y superficial.

En la muestra número 5, el músculo masetero está compuesto por 3 fascículos. La entrada de la arteria al músculo se realiza posterior al nervio. Luego en el recorrido intramuscular la arteria cruza al nervio por delante. El recorrido del nervio se realiza entre el fascículo intermedio y superficial.

En la muestra número 6, el músculo masetero está compuesto por 3 fascículos. Encontramos 2 arterias entrando en el músculo, las cuales se ubican anterior y posterior al nervio. Luego en el recorrido intramuscular las ramas de ambas arterias cruzan al nervio por delante. El recorrido del nervio se realiza entre el fascículo intermedio y superficial.

En la muestra número 7, el músculo masetero está compuesto por 3 fascículos. La entrada de la arteria al músculo se realiza posterior al nervio. Luego en el

recorrido intramuscular la arteria cruza al nervio por delante. El recorrido del nervio se realiza en el fascículo profundo y luego continúa en el fascículo superficial.

En la muestra número 8, el músculo masetero está compuesto por 3 fascículos. La entrada de la arteria al músculo se realiza posterior al nervio. Luego en el recorrido intramuscular la arteria cruza al nervio por delante. El recorrido del nervio se realiza en el fascículo profundo y luego continúa en el fascículo superficial.

En la muestra número 9, el músculo masetero está compuesto por 2 fascículos. La entrada de la arteria al músculo se realiza anterior al nervio. Luego en el recorrido intramuscular la arteria cruza al nervio por delante. El recorrido del nervio se realiza entre el fascículo profundo y superficial.

En la muestra número 10, el músculo masetero está compuesto por 2 fascículos. La entrada de la arteria al músculo se realiza anterior al nervio. Luego en el recorrido intramuscular la arteria cruza al nervio por delante. El recorrido del nervio se realiza en el fascículo profundo y luego continúa en el fascículo superficial.

En la muestra número 11, el músculo masetero está compuesto por 3 fascículos. La entrada de la arteria al músculo se realiza posterior al nervio. Luego en el recorrido intramuscular la arteria cruza al nervio por delante. El recorrido del nervio se realiza en el fascículo profundo y luego continúa en el fascículo superficial.

En la muestra número 12, el músculo masetero está compuesto por 2 fascículos. La entrada de la arteria al músculo se realiza posterior al nervio. Luego en el recorrido intramuscular la arteria cruza al nervio por delante. El recorrido del

nervio se realiza en el fascículo profundo y luego continúa en el fascículo superficial.

En la muestra número 13, el músculo masetero está compuesto por 2 fascículos. La entrada de la arteria al músculo se realiza anterior al nervio. Luego en el recorrido intramuscular la arteria cruza al nervio por delante. El recorrido del nervio se realiza entre el fascículo profundo y el fascículo superficial.

En la muestra número 14, el músculo masetero está compuesto por 2 fascículos. La entrada de la arteria al músculo se realiza anterior al nervio. Luego en el recorrido intramuscular la arteria cruza al nervio por delante. El recorrido del nervio se realiza entre el fascículo profundo y el fascículo superficial.

En la muestra número 15, el músculo masetero está compuesto por 3 fascículos. La entrada de la arteria al músculo se realiza anterior al nervio. Luego en el recorrido intramuscular la arteria cruza al nervio por delante. El recorrido del nervio se realiza en el fascículo profundo y luego continúa en el fascículo superficial.

En la muestra número 16, el músculo masetero está compuesto por 2 fascículos. Encontramos 2 nervios maseterinos entrando en el músculo masetero, la entrada de la arteria al músculo se realiza anterior a los dos nervios. Luego en el recorrido intramuscular la arteria cruza al nervio de mayor recorrido intramuscular por delante. El nervio de ubicación anterior a la entrada en el músculo penetra en el fascículo profundo y el nervio de ubicación posterior continúa hacia el fascículo superficial.

En la muestra número 17, el músculo masetero está compuesto por 2 fascículos. La entrada de la arteria al músculo se realiza posterior al nervio. Luego en el recorrido intramuscular la arteria cruza al nervio por detrás. El recorrido del

nervio se realiza en el fascículo profundo y luego continúa en el fascículo superficial.

En la muestra número 18, el músculo masetero está compuesto por 2 fascículos. La entrada de la arteria al músculo se realiza poster al nervio. Luego en el recorrido intramuscular la arteria cruza al nervio por delante. El recorrido del nervio se realiza en el fascículo profundo y luego continúa en el fascículo superficial.

En la muestra número 19, el músculo masetero está compuesto por 3 fascículos. La entrada de la arteria al músculo se realiza poster al nervio. Luego en el recorrido intramuscular la arteria cruza al nervio por delante. El recorrido del nervio se realiza entre en el fascículo profundo e intermedio y luego continúa en el fascículo superficial.

En la muestra número 20, el músculo masetero está compuesto por 2 fascículos. La entrada de la arteria al músculo se realiza poster al nervio. Luego en el recorrido intramuscular la arteria cruza al nervio por delante. El recorrido del nervio se realiza en el fascículo profundo y luego continúa en el fascículo superficial.

## **4.2 Inmunohistoquímica**

### **4.2.1 Inmunohistoquímica del nervio maseterino**

En todas los nervio maseterinos analizados hemos obtenido cuatro muestras tomadas a diferentes niveles del tronco principal o de las diferentes ramas del nervio (Figura 21). La muestra "I" corresponde a la entrada del nervio en el músculo, es decir, al tronco principal del nervio antes de dar la primera rama; la muestra "II" corresponde al segmento de nervio distal a la primera rama: la

muestra “III” corresponde a la primera rama del nervio; finalmente la muestra “IV” corresponde al segmento de nervio inmediatamente distal a la segunda rama (Figura 12). Para identificar cada nervio maseterino utilizamos los números arábigos (del 1 al 20), y para especificar el nivel de los segmentos obtenidos en cada nervio añadimos los números I, II, III o IV según se ha descrito previamente. Los resultados del conteo de los axones ChAT positivos y negativos, y del porcentaje de axones ChAT positivos obtenido en los nervios maseterinos se muestra en la Tabla 12.

Para las muestras tipo I, correspondientes a la entrada del nervio en el músculo antes de dar su primera rama, la media y la desviación estándar de las fibras motoras con tinción positiva son  $640 \pm 283$ , mientras que para las fibras con tinción negativa la media y desviación estándar son  $749 \pm 235$ . Las fibras motoras con tinción positiva representan el 45% del total de fibras contabilizadas, con un rango que varía entre 16,1 y 68,5.

Para todas las muestras tipo II, correspondiente al segmento del nervio distal a la primera rama, la media y la desviación estándar de las fibras motoras con tinción positiva son  $527 \pm 221$ , mientras que para las fibras con tinción negativa la media y desviación estándar es de  $548 \pm 134$ . Las fibras motoras con tinción positiva representan el 48% del total de fibras contabilizadas, con un rango que varía entre 26,9 y 62,9.

Para todas las muestras tipo III, correspondiente a la primera rama del nervio, la media y la desviación estándar de las fibras motoras con tinción positiva son  $423 \pm 298$ , mientras que para las fibras con tinción negativa la media y desviación estándar es de  $444 \pm 177$ . Las fibras motoras con tinción positiva representan el

47% del total de fibras contabilizadas, con un rango que varía entre 76,8 y 16,1.

Para todas las muestras tipo IV, correspondiente al segmento de nervio distal a la segunda rama, la media y la desviación estándar de las fibras motoras con tinción positiva son  $216 \pm 301$ , mientras que para las fibras con tinción negativa la media y desviación estándar son  $233 \pm 187$ . Las fibras motoras con tinción positiva representan el 38% del total de fibras contabilizadas, con un rango que varía entre 17 y 61,8.

	I +	I -	I Total	I %	II +	II -	II Total	II %	III +	III -	III Total	III %	IV +	IV -	IV Total	IV %
1	642	646	1288	49,8	797	472	1269	62,8	416	340	756	55,0	51	68	119	42,9
4	720	716	1436	50,1	340	449	789	43,1	172	139	311	55,3	-	-	-	-
5	1024	487	1511	67,8	293	531	824	35,6	316	284	600	52,7	-	-	-	-
6	727	641	1368	53,1	258	702	960	26,9	312	440	752	41,5	-	-	-	-
7	433	524	957	45,2	493	529	1022	48,2	287	413	700	41,0	-	-	-	-
8	163	677	840	19,4	-	-	-	-	128	634	762	16,8	-	-	-	-
9	620	974	1594	38,9	955	603	1558	61,3	197	685	882	22,3	15	57	72	20,8
10	516	1293	1809	28,5	693	463	1156	59,9	473	539	1012	46,7	30	48	78	38,5
11	1136	665	1801	63,1	696	410	1106	62,9	852	258	1110	76,8	61	167	228	26,8
12	714	823	1537	46,5	-	-	-	-	1062	553	1615	65,8	-	-	-	-
13	410	995	1405	29,2	431	708	1139	37,8	206	332	538	38,3	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	262	655	917	28,6	-	-	-	-
15	951	438	1389	68,5	-	-	-	-	843	447	1290	65,3	333	448	781	42,6
16	-	-	-	-	-	-	-	-	940	560	1500	62,7	354	255	609	58,1
17	198	1035	1233	16,1	430	842	1272	33,8	134	698	832	16,1	-	-	-	-
18	433	576	1009	42,9	258	391	649	39,8	267	237	504	53,0	64	313	377	17,0
19	920	750	1670	55,1	543	449	992	54,7	517	578	1095	47,2	944	584	1528	61,8
20	-	-	-	-	659	569	1228	53,7	238	203	441	54,0	94	161	255	36,9
Media	640	749	1390	45	527	548	1074	48	423	444	868	47	216	233	450	38
$\pm$ DE	283	235	290	16	221	134	240	12	298	177	355	17	301	187	472	15

Tabla 12. Contaje de fibras motoras con tinción ChAT positivas (+) y negativas (-) de los cuatro segmentos del nervio maseterino (I, II, III y IV) y el porcentaje de fibras positivas en relación al total de fibras (%). -: Datos que no se han podido analizar por problemas técnicos.

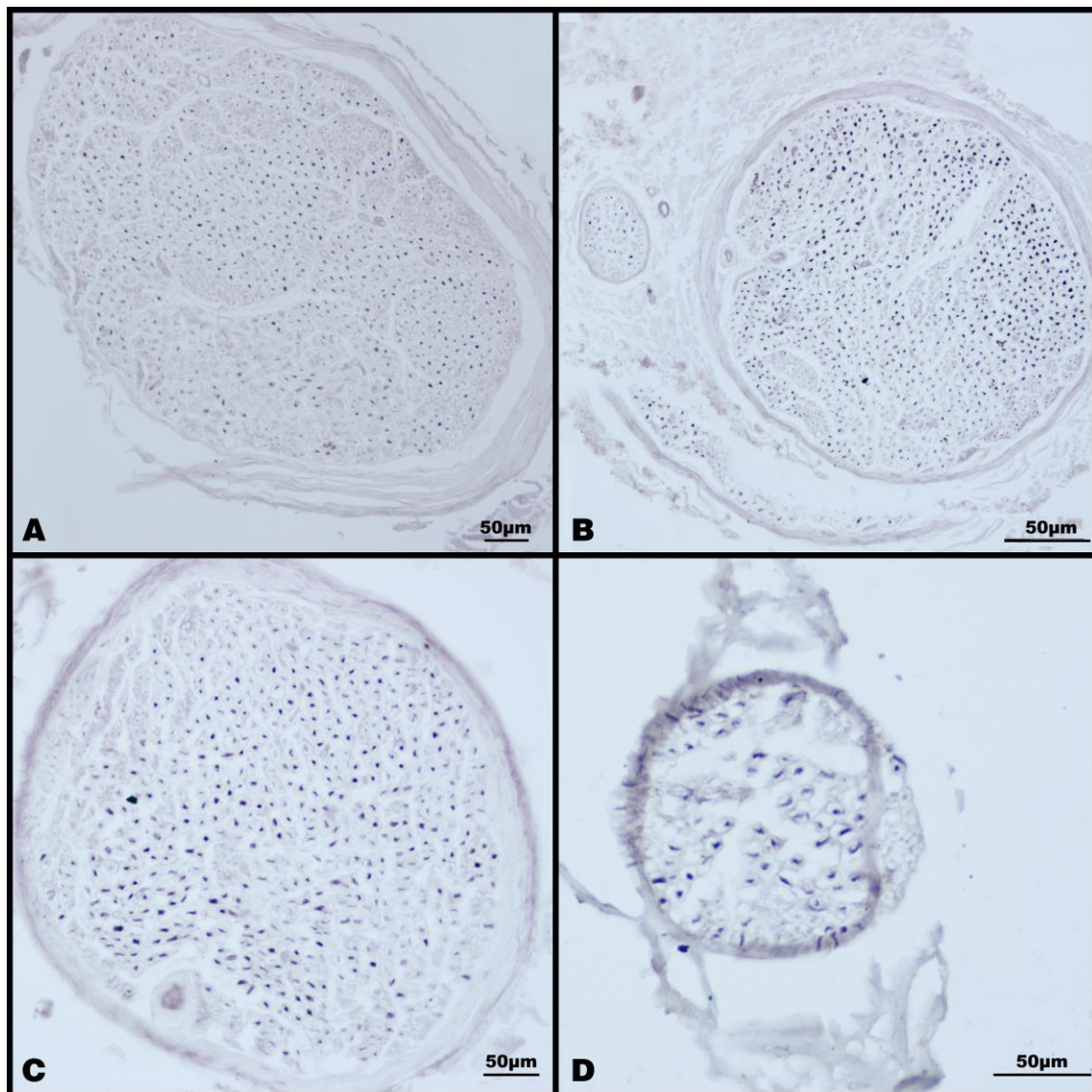


Figura 21. Inmunohistoquímica para la acetilcolintransferasa (ChAT) del nervio maseterino. A: Sección transversal del nervio maseterino correspondiente al segmento I, antes de dar la primera rama intramuscular. B: Sección transversal del nervio maseterino correspondiente al segmento II, entre el origen de la primera y segunda rama intramuscular. C: Sección transversal del nervio maseterino correspondiente al segmento III, tomado de la primera rama intramuscular. D: Sección transversal del nervio maseterino correspondiente al segmento IV, distal al origen de la segunda rama intramuscular. Obsérvese los axones ChAT positivos teñidos de negro. S: superior. L: lateral.

#### 4.2.2 Inmunohistoquímica del nervio obturador

A continuación describimos los resultados obtenidos en el proceso de conteo de los axones marcados y no marcados tras la tinción inmunohistoquímica contra el anticuerpo de la enzima ChAT (Figura 22). En la Tabla 13 aparece reflejado el número de axones o fibras ChAT positivos, el número de axones ChAT negativos, así como el porcentaje de axones ChAT positivos con respecto al total de los axones.

MUESTRA	+	-	Total	%
1 Derecha	532	402	934	57,0
1 Izquierda	585	161	746	78,4
2 Derecha	497	454	951	52,3
2 Izquierda	287	834	1121	25,6
3 Derecha	124	142	266	46,6
3 Izquierda	294	461	755	38,9
4 Derecha	196	346	542	36,2
4 Izquierda	338	453	791	42,7
5 Derecha	102	97	199	51,3
5 Izquierda	705	457	1162	60,7
6 Izquierda	395	408	803	49,2
7 Derecha	419	426	845	49,6
8 Derecha	103	456	559	18,4
Media	352	392	744	46,7
± DE	193	188	290	15,3

Tabla 13. Contaje de fibras motoras con tinción ChAT positivas (+) y negativas (-) del nervio obturador del músculo *gracilis* y el porcentaje de las fibras positivas en relación al total de fibras (%).



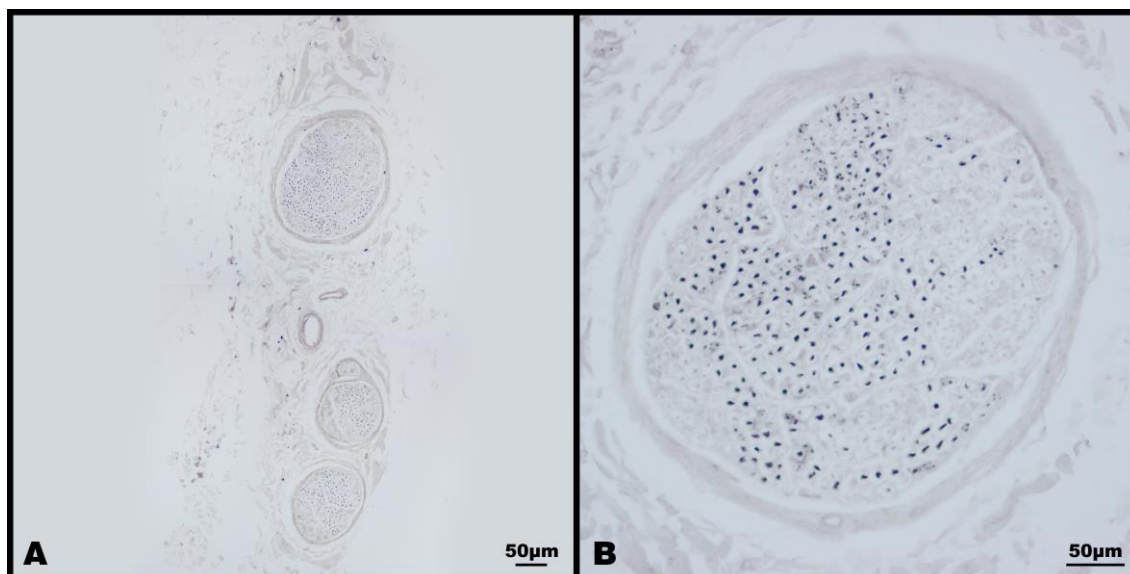


Figura 22. Inmunohistoquímica para la acetilcolintransferasa (ChAT) del nervio obturador. A: sección transversal del nervio obturador a su entrada en el músculo *gracilis*. B: Sección transversal de un fascículo del nervio obturador. Obsérvese los axones ChAT positivos teñidos de negro.

En la muestra 1 Derecha (correspondiente al nervio obturador del miembro inferior derecho) hay un 56,96% de fibras ChAT positivas, mientras que en la muestra 1 Izquierda (correspondiente al miembro inferior izquierdo) hemos obtenido un marcaje ChAT positivo en el 78,42% del total de fibras.

En la muestra 2 Derecha (nervio obturador del miembro inferior derecho) hay un 52,26% de fibras ChAT positivas, mientras que en la muestra 2 Izquierda (correspondiente al miembro inferior izquierdo) hemos obtenido un marcaje ChAT positivo en el 25,6%.

En la muestra 3 Derecha (nervio obturador del miembro inferior derecho) hay un 46,62% de fibras ChAT positivas, mientras que en la muestra 3 Izquierda (nervio obturador del miembro inferior izquierdo) hemos obtenido un marcaje ChAT positivo en el 38,94%.

En la muestra 4 Derecha (nervio obturador derecho) hay un 36,16% de fibras ChAT positivas, mientras que en la muestra 4 Izquierda (nervio obturador izquierdo) hemos obtenido un marcaje ChAT positivo en el 42,73%.

En la muestra 5 Derecha (nervio obturador derecho) hay un 51,26% de fibras ChAT positivas, mientras que en la muestra 5 Izquierda (nervio obturador del miembro inferior izquierdo) hemos obtenido un marcaje ChAT positivo en el 60,67%.

En la muestra 6 Izquierda (nervio obturador del miembro inferior izquierdo) hemos obtenido un marcaje ChAT positivo en el 49,19%.

En la muestra 7 Derecha (nervio obturador del miembro inferior derecho) hay un 49,59% de fibras, ChAT positivas.

En la muestra 8 Derecha (nervio obturador derecho) hay un 18,43% de fibras ChAT positivas.

La media y desviación estándar de las fibras con tinción positiva son  $352 \pm 193$ , y en las fibras con tinción negativa son  $392 \pm 188$ . Las fibras motoras con tinción positiva representan el 46,7% del total de fibras contabilizadas, con un rango que varía entre 78,4 y 18,4.

### **4.3 Análisis estadístico**

Como observamos en la tabla 14 y 15 existe una dispersión de la variable utilizada (axones ChAT positivos y negativos), por lo cual utilizamos la mediana como medida de frecuencia para realizar nuestro análisis estadístico.

	Grupo	N		Media	Mediana	Desv. típ.	Mínimo	Máximo	Percentiles		
		Válidos	Perdidos						25	50	75
I+	maseterino	16	3	640	631	283	7	1136	415,75	631	871,75
II+	maseterino	14	5	527	462	221	0	955	284,25	462	693,75
III+	maseterino	18	1	423	299,5	298	128	1062	203,75	299,5	598,5
IV+	maseterino	11	8	216	61	301	0	944	15	61	333
Obturador +		13	2	352	338	193	102	705	160	338	514,5

Tabla 14. Frecuencias estadísticas de los axones ChAT positivos de los nervios maseterinos y obturadores.

	Grupo	N		Media	Mediana	Desv. típ.	Mínimo	Máximo	Percentiles		
		Válidos	Perdidos						25	50	75
I-	maseterino	16	3	749	671	235	37	1293	537	671	936,25
II-	maseterino	14	5	548	530	134	391	874	449	530	703,5
III-	maseterino	18	1	444	443,5	177	139	698	277,5	443,5	592
IV-	maseterino	11	8	233	167	187	48	584	61	167	313
Obturador -		13	2	392	426	188	97	834	253,5	426	456,5

Tabla 15. Frecuencias estadísticas de los axones ChAT negativos de los nervios maseterinos y obturadores.

Como podemos observar en la tabla 16, el resultado del análisis estadístico con la prueba no paramétrica de Mann-Whitney, al comparar las medianas de los axones ChAT positivos de cada segmento del nervio maseterino (I, II, III y IV) con la mediana de los axones ChAT positivos de los nervios obturadores, muestra valores estadísticamente significativos ( $p < 0,05$ ) en el grupo I+ y IV+ del nervio maseterino.

	I+	II+	III+	IV+
U de Mann-Whitney	37,000	49,000	109,500	26,000
W de Wilcoxon	128,000	140,000	200,500	71,000
Z	-2,787	-1,821	-,300	-2,170
Sig. asintót. (bilateral)	,005	,069	,764	,030

Tabla 16. Prueba de Mann-Whitney. Estadísticos de contraste de los axones ChAT positivos y negativos del nervio maseterino y obturador.

En la figura 23 se observa el gráfico de las medias y medianas de los axones ChAT positivos de los segmentos del nervio maseterino I, II, III y IV y del nervio obturador.

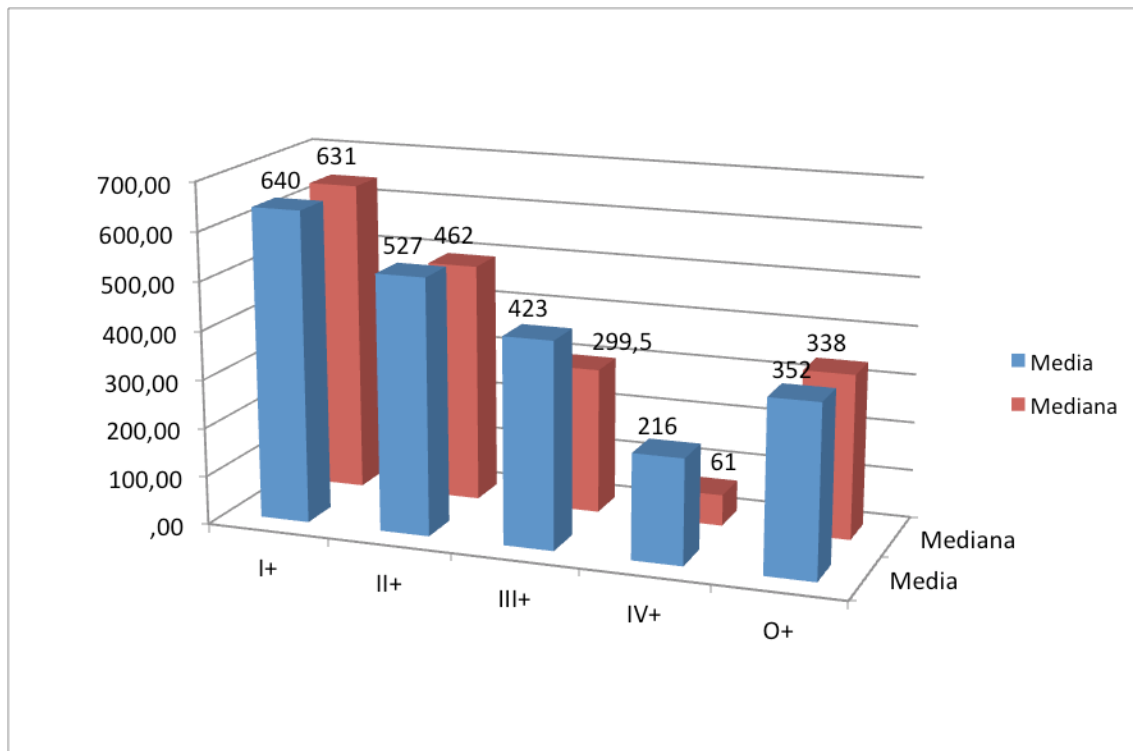


Figura 23. Gráfico de medias y medianas de axones ChAT positivos de los segmentos del nervio maseterino I, II, III y IV y del nervio obturador.

## **5. DISCUSIÓN**

Las secuelas de la parálisis facial son devastadoras para las personas afectadas, no sólo por las alteraciones del funcionamiento del nervio facial (1-3), sino por la importancia que tiene el rostro para el funcionamiento del individuo como ser sociable (4-11). Este último aspecto ha quedado registrado en la literatura médica, donde se ha descrito que la principal razón por la cual un paciente que padece este tipo de secuelas busca una intervención quirúrgica, es para poder recuperar la simetría facial y concretamente la posibilidad de volver a sonreír (20-22).

Los métodos más utilizados para clasificar las secuelas de la parálisis facial están basados en el tiempo de evolución de la misma, y en la funcionalidad de la musculatura facial (23,29,89). El “periodo ventana” desde el inicio de la parálisis facial hasta el momento en que la función motora de los músculos de la mímica facial es restituida es crítico y el cirujano reconstructivo tiene que tener en cuenta este periodo de tiempo desde que se estableció la lesión, en el momento de planificar la estrategia reconstructiva. En los pacientes con una parálisis facial de más de dos años de evolución la musculatura facial se encuentra atrofiada y este hecho hace que su uso sea inviable en las técnicas de reconstrucción dinámica (97). Este hecho plantea un reto para el cirujano plástico reconstructor, ya que sea hace necesario aportar un tejido muscular sano desde una zona distante para suplir la función de la musculatura facial que ya no es capaz de funcionar normalmente. En estos casos se hace necesario utilizar de técnicas microquirúrgicas de reconstrucción que exigen una amplia preparación y experiencia (98).

Actualmente el tratamiento de elección en la reconstrucción de las secuelas de la parálisis facial de larga evolución con atrofia de la musculatura facial son las

técnicas de reconstrucción dinámica mediante transferencia microquirúrgica de tejido muscular (15,29,111,148,152,159,160,221).

La evolución de las técnicas de reconstrucción para las secuelas de la parálisis facial han ido de la mano con el desarrollo de la cirugía plástica (26,27,28,35,158,161,196). El desarrollo de la microcirugía y el mayor conocimiento en el campo de regeneración nerviosa han sido fundamentales para mejorar el éxito de las técnicas reconstructivas (29-34). Sin embargo, durante la primera mitad del siglo XX las técnicas que se empleaban no fueron las óptimas, entre otras razones, por la imposibilidad de contar con los medios quirúrgicos adecuados.

Durante la segunda mitad del siglo XX el éxito en el resultado de las técnicas reconstructivas fue cada vez mayor, llegando a un grado de mayor desarrollo con la utilización del injerto cruzado facial conectado a ramas seleccionadas del nervio facial contralateral, es decir, el nervio sano (26,28,37,66,71,72,143,157,195). Entre las principales razones para elegir al nervio facial sano contralateral como nervio motor de la musculatura trasplantada destaca la posibilidad de aportar a dicha musculatura un impulso nervioso simétrico con el movimiento del lado sano de la cara, siendo este un impulso espontáneo e inconsciente (35-37). Sin embargo, los resultados que se obtienen con esta técnica quirúrgica aún se encuentran un tanto alejados del grado de éxito que nos planteamos obtener en este tipo de pacientes (153). Concretamente, la regeneración axonal a través del injerto nervioso es muy variable y en la mayoría de los casos no supera el 50% (144,154).

Las causas de que se produzca una simetría inadecuada entre el movimiento de la musculatura facial sana y el del músculo trasplantado en pacientes que han tenido

una reinervación satisfactoria de la musculatura está directamente relacionado con el número de axones que alcanzan el músculo trasplantado a través del injerto cruzado facial (144,154,203). Una escasa carga axonal motora destinada a reinervar los músculos trasplantados se traduce en una falta de simetría en la expresión facial, uno de los principales objetivos en este tipo de cirugías (80,150,151,153,159,160, 192,217-219).

Esto último ha obligado a continuar con los esfuerzos en la investigación en este campo de la cirugía, intentando encontrar un nervio donante óptimo y una técnica que evite el uso de injertos nerviosos para la neurotización de la musculatura trasplantada. El nervio hipogloso fue popularizado por Conley y Baker como generador del impulso nervioso (115) en la reanimación facial. Sin embargo, la morbilidad relacionada con su uso como nervio donante incluye la hemiatrofia lingual ipsilateral, la desviación de la lengua, la hipertonía facial, las sincinesias con el movimiento normal de la lengua y la ausencia de una expresión facial espontánea. Además, en el caso de una lesión asociada del nervio glossofaríngeo o del nervio vago existe el riesgo potencial de broncoaspiración. Para poder disminuir las complicaciones asociadas al uso del nervio hipogloso se han realizado técnicas quirúrgicas como la transferencia nerviosa parcial, los injertos nerviosos de interposición, la neurorrafia termino-lateral y la reparación del nervio hipogloso con el asa cervical (216). Julia Terzis introdujo la técnica de reconstrucción para la reanimación facial denominada "babysitter" (80,81). En esta técnica se utiliza el nervio hipogloso ipsilateral mediante la sección del 40% de su área transversal, que proporciona una rápida reinervación para preservar la musculatura facial mientras se produce el crecimiento de axones a través del injerto nervioso cruzado. Este procedimiento quirúrgico ayuda a minimizar la



morbilidad del uso del nervio hipogloso. Sin embargo, requiere un planteamiento estratégico en dos tiempos quirúrgicos y sigue teniendo el riesgo potencial de generar sincinesias. Es por tal motivo que en el año 1998, Brenner y Schoeller (192) publicaron un trabajo en el que propusieron al nervio maseterino como nervio motor donante en los procedimientos de “babysitter”, en los casos de reanimación de la musculatura facial viable o, incluso, para la reanimación de los músculos con transferencia microquirúrgica cuando exista atrofia de los músculos de la mímica facial. En un principio se pensó que al usar un nervio craneal distinto al facial para inervar el músculo trasplantado, no se lograría el movimiento bilateral conjugado espontáneo. Después de la transferencia muscular, el paciente tiene que aprender a estimular una sonrisa mediante el movimiento de masticación. Practicando este movimiento delante de un espejo, el paciente gana confianza en su habilidad para producir una sonrisa. Además, puede aprender diferentes grados de sonrisa, al observar el efecto de realizar una mordida débil o fuerte y de la rapidez o no de la presión de la mordida. El aprendizaje ha de iniciarse poco después del inicio del movimiento muscular y se tiene que realizar varias veces al día, durante periodos cortos de tiempo. Como el principal estímulo de aprendizaje para las habilidades físicas son la repetición, la motivación y el reforzamiento (162), el paciente tiene que estimular su sonrisa tan frecuentemente como sea posible. Cuando el paciente sonríe a otra persona que responde con otra sonrisa, existe un reforzamiento poderoso consciente e inconsciente que, muy probablemente, ayuda al proceso de aprendizaje. El paciente tiene que ser animado para convertirse en una persona sonriente, de tal manera que a través de la repetición frecuente desarrolle confianza en su sonrisa y maximice los cambios en la corteza cerebral. La plasticidad cerebral o

reorganización cortical cerebral es la habilidad del cerebro humano para reorganizarse, adaptarse y compensar los daños que pueda sufrir y adaptarse a los cambios que se producen en el medio ambiente (152).

El primer objetivo en el proceso de aprendizaje se evidencia cuando el paciente es capaz de contraer conscientemente el músculo transferido y sonreír sin morder o cerrar su mandíbula (151). Cuando se pregunta a los pacientes cómo han desarrollado esta habilidad, nunca pueden explicarlo; mencionan que “simplemente sucedió”. El siguiente paso en el aprendizaje y proceso de adaptación, es sonreír espontáneamente, es decir, sin un esfuerzo consciente. Los pacientes suelen ser también incapaces de explicar cómo han logrado este objetivo en el proceso de incorporar la sonrisa en su socialización. Estas capacidades son posiblemente facilitadas por la acción repetitiva de usar su sonrisa cuando interactúan con otras personas. El efecto de utilizar la nueva sonrisa en situaciones sociales apropiadas tiene como resultado que otra persona devuelva ese gesto con otra sonrisa. El paciente entonces se da cuenta de que el movimiento fue efectivamente reconocido como una sonrisa (10,19). Se sabe que la reorganización cortical cerebral ocurre en varias situaciones clínicas, como por ejemplo cuando se utiliza la lectura Braille, después de lesiones nerviosas y también tras amputaciones de extremidades (163). Uno de los ejemplos más claros de reorganización cortical cerebral ocurre con la transferencia nerviosa en pacientes con lesiones del plexo braquial. La reconstrucción de la función del bíceps se realiza en algunos casos por la unión de los nervios intercostales al nervio musculocutáneo. Después de la reinervación, el paciente inicialmente activa la transferencia al realizar una inspiración profunda que flexiona el codo. Después de uno o dos años, muchos pacientes empiezan a mover el codo independientemente

de la respiración y pueden mantener el bíceps contraído sin alterar la respiración; los pacientes han aprendido a separar el movimiento de respiración de los movimientos del codo. Los pacientes dejan de pensar en respirar para poder realizar la flexión del codo (151). Este proceso se ha estudiado usando una estimulación magnética transcraneal junto con imágenes funcionales de resonancia magnética (164). El centro de control para los movimientos respiratorios se encuentra medial en el área cortical motora primaria, y el centro de control para la flexión del codo se encuentra lateral. La reorganización cortical motora (163,164) ocurre cuando los nervios intercostales se transfieren al nervio musculocutáneo o al nervio de una transferencia muscular utilizado para la reconstrucción del bíceps. Las imágenes de la resonancia magnética funcional y los estímulos transcraneales magnéticos han demostrado que inicialmente, el centro respiratorio controla la flexión del codo; después de 6 meses, el centro cortical del bíceps parece tomar el control de la flexión del codo a través de los nervios respiratorios periféricos (163,165). En el caso del músculo transferido, no se han utilizado las imágenes funcionales de resonancia magnética o la estimulación transcraneal magnética para estudiar el cambio de control del “centro cortical del músculo masetero” al “centro cortical de movimiento facial” debido a la proximidad de ambos centros. Es probable que exista un proceso similar al descrito en el caso la reconstrucción del bíceps, con el centro del nervio facial tomando control mediante la activación de conexiones hacia el centro de control del quinto par y, a través de este centro, activando los axones motores de la rama para el músculo masetero del quinto par craneal, causando una sonrisa mediante la contracción del músculo *gracilis* trasplantado (151,152). Parece ser que los cambios en la organización cortical motora son posibles a través de la activación

de conexiones horizontales preexistentes en la corteza, que se mantendrían en estado latente. Se cree que estas fibras, que se encuentran inactivas, se transforman en conexiones funcionales entre los centros corticales en respuesta a un estímulo “aprendido”. En los casos de los pacientes en los cuales se ha realizado la unión de los nervios intercostales al nervio musculocutáneo para la reinervación del músculo bíceps las conexiones en la corteza cerebral son entre el centro motor del músculo bíceps y el centro de control del movimiento de la respiración. En el caso de reconstrucción de parálisis facial estas conexiones se realizan entre el centro cortical del séptimo par y el centro cortical del quinto par craneal (166). Este hecho está considerado como un desenmascaramiento neurológico, es decir, una modificación del sistema de las conexiones sinápticas horizontales en la corteza cerebral mediante la inducción de sinapsis previamente inactivas (167-170). Se ha especulado que la adaptación de la corteza cerebral se deteriora con el aumento de la edad. Esta disminución de la capacidad de adaptación es notoria en la recuperación sensorial (171). En el caso de los pacientes con parálisis facial congénita la reorganización cortical cerebral puede no ocurrir si nunca ha existido ninguna actividad de sonreír.

El nervio maseterino ha sido utilizado en la reconstrucción dinámica de la parálisis facial desde inicios del siglo XX (44); sin embargo, debido al poco conocimiento de su anatomía, histología y fisiología y, además, la aparente imposibilidad de obtener con la utilización de este nervio un movimiento simétrico del rostro paralizado con el lado, sano hicieron que quedara olvidado como nervio donante. Sin embargo, la espontaneidad ha sido observada en numerosos casos con la utilización del nervio maseterino como nervio motor de la musculatura trasplantada (151,152), por lo

cual se asume que se produce un grado de plasticidad cerebral cuando es utilizado en los procesos de reconstrucción dinámica de la parálisis facial.

Zuker y cols. (159) utilizaron el nervio maseterino en el tratamiento de la parálisis facial de niños con síndrome de Möbius. En esta patología existe una anomalía congénita compleja afectando a múltiples pares craneales, principalmente el nervio facial (VII par) (215). En estos pacientes la ausencia de inervación de la musculatura de la mímica facial afecta además al habla y la competencia oral. Inicialmente el nervio hipogloso se utilizó en los casos de reanimación dinámica de los músculos trasplantados con resultados satisfactorios (216). Sin embargo, este procedimiento no podía ser aplicado a la mayoría de pacientes con esta patología debido a que, en este síndrome, se presenta algún grado de parálisis o descoordinación del nervio hipogloso y de la musculatura de la lengua. Debido a lo anterior se utilizaron otros pares craneales como el nervio espinal (XI par craneal). El nervio espinal muy rara vez se encuentra afectado en este síndrome, sin embargo, el hecho de utilizar un injerto nervioso procedente de este nervio reducía considerablemente el poder de contracción del músculo inervado, por encontrarse alejado de la musculatura facial, con lo cual esta opción pasó a un segundo plano. Esta fue una de las razones por las que se promovió la utilización del nervio maseterino en la reanimación dinámica de la parálisis facial en los niños con Síndrome de Möbius. En los resultados de los primeros trabajos publicados tras el uso del nervio maseterino como nervio motor para la reanimación dinámica microquirúrgica en estos pacientes, se observó una diferencia en el rango de movimiento del músculo trasplantado cuando se comparaba con aquellos músculos inervados mediante un injerto cruzado de nervio facial. En el año 2006 Yong y cols. (153) compararon el rango de movimiento de los músculos

trasplantados inervados con un injerto nervioso cruzado de nervio facial con aquellos inervados desde el nervio maseterino. En los resultados observaron que el rango de movimiento de los pacientes del grupo con injerto nervioso facial cruzado era menor en comparación con el lado sano y con el grupo del nervio maseterino. En resumen, el rango de movimiento en los músculos trasplantados que utilizaron el nervio maseterino fue mayor que el grupo en el cual se utilizó un injerto cruzado de nervio facial. Sin embargo, recomendaron realizar estudios para evaluar la espontaneidad del movimiento de los músculos trasplantados que son inervados por el nervio maseterino.

Como hemos podido observar hasta ahora, el inicio de la utilización del nervio maseterino en la reanimación dinámica de la parálisis facial estaba centrado en el procedimiento del “babysitter” o en los casos de niños con Síndrome de Möbius. Era de esperar que pronto empezara su utilización en los casos de pacientes adultos con parálisis facial. Es así que en el año 2006, Manktelow y cols. (151) presentaron los resultados de un estudio en pacientes adultos con parálisis facial en los cuales realizaron una reconstrucción dinámica con transferencia muscular microquirúrgica utilizando el nervio maseterino como nervio motor. En dicho estudio evaluaron la efectividad del nervio maseterino para proporcionar una adecuada inervación a los músculos trasplantados y valorar la capacidad de realizar una sonrisa espontánea, es decir sin realizar la acción de morder, de manera que todo se realizara de forma inconsciente. En sus conclusiones mencionaron que el nervio maseterino proporcionaba una inervación notable, siendo el rango y dirección de movimiento del labio superior y de la comisura labial similares en comparación a una sonrisa del lado sano. Además, la mayoría de pacientes desarrollaron la habilidad de sonreír espontáneamente, por lo que

concluyeron que el nervio maseterino puede ser una buena alternativa al injerto cruzado de nervio facial para la inervación de los músculos trasplantados. Continuando en esta misma línea de investigación Bianchi y cols. (160,217) encontraron resultados similares a los de Yong y cols. (153) y Maktelow y cols. (151), utilizando el nervio maseterino como nervio motor para la reanimación dinámica de la parálisis facial con transferencia muscular microquirúrgica; además de demostrar que algunos pacientes eran capaces de realizar el movimiento de sonreír en los músculos trasplantados de forma inconsciente.

También hay trabajos que valoran el uso del nervio maseterino para los casos de pacientes con parálisis facial y musculatura facial viable. En este sentido, en el año 2009 Coombs y cols. (150) publicaron los resultados de pacientes con parálisis facial unilateral por secuelas oncológicas a los cuales les realizaron una trasposición del nervio maseterino para anastomosarlo con el extremo distal del nervio facial seccionado. Los pacientes presentaron a los 12 meses de seguimiento una mejoría notable en el tono de la musculatura facial, presencia de movimientos voluntarios, sincinesias poco apreciables en determinados casos y una actividad espontánea ocasional. Wang y cols. (220) demostraron la efectividad de la transferencia del nervio maseterino y conexión directa al nervio facial para casos de reanimación dinámica en pacientes con resección de neuromas del nervio acústico. En el 2011 Klebuc (218) publica el uso del nervio maseterino para los casos de parálisis facial incompleta.

## 5.1 Elección del colgajo muscular

En la literatura encontramos una amplia variedad de colgajos musculares utilizados para transferencia microquirúrgica en la cirugía de reanimación dinámica de la parálisis facial (39,65,71-73,145,158,232); sin embargo, tenemos que tener presente la existencia de ciertos aspectos básicos en el momento de decidir el músculo ideal para utilizar en la reconstrucción. Así, el músculo ideal debería presentar un pedículo vasculo-nervioso principal, una disección que sea técnicamente sencilla y una morbilidad mínima de la zona donante; además, el tamaño y la forma de este músculo debería corresponderse con el del defecto (139). No existe un músculo que cumpla todos estos requisitos, pero existen algunos que se acercan a completar estos requisitos, tales como el músculo *extensor digitorum brevis* (143), el *pectoralis minor* (144) y el *latissimus dorsi* (145). El *extensor digitorum brevis* parecería un músculo ideal por ser plano, pequeño y dejar un mínimo déficit de la zona donante, pero los resultados clínicos demostraron que el movimiento que se obtenía era menor del 50% comparado con el lado sano de la cara, lo cual desalentaba su utilización (72,143). El músculo *pectoralis minor* es otro candidato ideal pero posee un pedículo neurovascular con una longitud muy variable (146,147). Por el contrario, el músculo *latissimus dorsi* puede ser dividido en dos territorios inervados independientemente (145) y ha sido utilizado para la reconstrucción bilateral en un solo tiempo para pacientes con Síndrome de Möbius (148). Sin embargo, es un músculo voluminoso en la cara y la presencia de dos equipos quirúrgicos es complicada debido a la proximidad de los campos operatorios.



Otro músculo a tener en cuenta es el músculo *gracilis* (69): tiene una anatomía constante, una disección relativamente simple y un grado intermedio de volumen, pero con una mínima morbilidad de zona donante además de dejar como secuela estética una cicatriz que queda escondida en la cara interna del muslo. La presencia de dos equipos quirúrgicos es factible, debido a la gran distancia entre los territorios donante y receptor, y la disección segmentaria del colgajo (74) reduce significativamente el volumen del mismo. El músculo *gracilis*, por lo tanto, reúne la mayoría de los requisitos que debería tener el músculo ideal, por lo que es idóneo para este tipo de reconstrucción (38,39,69,76,153,157,159,204,222,233).

El Servicio de Cirugía Plástica del Hospital General Universitario Gregorio Marañón realiza, para los casos de parálisis facial de larga evolución con atrofia de la musculatura facial, la reconstrucción de las secuelas mediante la transferencia microquirúrgica del colgajo de músculo *gracilis* anastomosando al nervio maseterino como nervio donante motor, la rama motora del músculo gracilis, para conseguir la neurotización de este músculo, con el objetivo de obtener una simetría funcional con el lado sano del rostro. Además se ha observado que la rehabilitación postoperatoria de los pacientes mediante ejercicios de retroalimentación tan sencillos como el mirarse ante un espejo diariamente y practicar la sonrisa, consigue que esta simetría dinámica se transforme en un movimiento espontáneo e inconsciente (227,228). Estos resultados han sido una de las principales razones para realizar este estudio y ampliar nuestro conocimiento sobre las razones que convierten actualmente al nervio maseterino en uno de los nervios donantes de primera elección para la neurotización de la musculatura trasplantada en estos casos.

## **5.2 Elección del nervio motor para la reinervación muscular**

El entendimiento del proceso de regeneración nerviosa y reinervación muscular es de gran ayuda en el proceso de búsqueda del nervio donante óptimo (113,223-226). En los primeros casos en los que se realizó la reconstrucción dinámica de la parálisis facial con trasplante muscular microquirúrgico, la regeneración nerviosa y reinervación muscular eran sinónimo de viabilidad de la musculatura trasplantada. Esta viabilidad del músculo trasplantado se cuantificaba mediante pruebas de electromiografía pre y postoperatorias y mediante biopsias de la musculatura trasplantada para objetivar una histología muscular normal (69). Además se ha demostrado que la musculatura trasplantada siempre va a sufrir una disminución de su masa muscular, lo cual clínicamente se va a traducir en una disminución del volumen del músculo y de la fuerza muscular (32,79). Actualmente sabemos que el mayor grado de carga axonal que pueda tener el nervio donante se traduce en un impulso nervioso óptimo, con el cual obtenemos una mayor excursión de la musculatura trasplantada (31-33,144,150,154, 200,201,203,205,211,212) y, por lo tanto, una mayor simetría facial en situaciones ideales.

El concepto de unidad motora es igualmente importante para entender el proceso de reinervación muscular y regeneración nerviosa. Definimos unidad motora como el conjunto de una motoneurona alfa (carga axonal) y las fibras musculares que están inervadas por esa motoneurona (182-183). En el caso de un músculo trasplantado microquirúrgicamente de forma exitosa sabemos que existirá una disminución de sus fibras musculares (79,156), por lo cual, el principal factor que podemos controlar para una excursión adecuada del músculo trasplantado sigue

siendo la carga axonal que podemos aportar con el nervio motor donante. Por tanto, en nuestro estudio hemos descrito y cuantificado las características del músculo masetero, así como las del nervio maseterino, que nos ayudarán para su utilización durante la cirugía de reanimación facial. La longitud total del nervio maseterino y de sus ramas intramusculares, considerando como punto de inicio el paso del nervio por debajo del arco cigomático nos proporciona una medida útil del nervio maseterino que podemos movilizar y utilizar para su conexión con el nervio motor del músculo *gracilis*. La importancia de obtener una longitud adecuada del nervio motor receptor para realizar una conexión nerviosa óptima es fundamental.

### **5.3 Músculo masetero**

El conocimiento de las características del músculo masetero es fundamental para entender la distribución que sigue el nervio maseterino en su recorrido intramuscular y para lograr minimizar las secuelas que puede ocasionar la disección intramuscular del nervio maseterino. El objetivo de una disección meticulosa, respetando determinadas ramas del nervio es evitar la denervación completa del músculo.

La arquitectura del músculo masetero es altamente compleja. Se considera que es un músculo compartimentalizado desde el punto de vista estructural y funcional (175). La compartimentalización puede funcionar para separar grupos de fibras musculares con diferentes líneas de acción, permitiendo a los músculos cambiar la dirección de la contracción mediante el reclutamiento de fibras diferencialmente. Los estudios de electrofisiología han confirmado la compartimentalización del

músculo masetero y por otro lado, han ayudado a descubrir características funcionales de la misma (182,183). Por ejemplo, sabemos que en comparación con los músculos de los miembros inferiores, la unidad motora del músculo masetero posee menos fibras musculares y es de menor tamaño. Además se observan diferencia entre las propias unidades motoras del músculo masetero en relación al número de fibras musculares (184). Las unidades motoras con un menor número de fibras musculares estarían especializadas en los movimientos finos, en cambio las unidades con mayor número de fibras musculares estarían encargadas de los movimientos que exijan el desarrollo de una importante fuerza muscular. Sin embargo, existe muy poca información sobre la distribución espacial de las ramas nerviosas que conectan con las unidades motoras. La estructura estratificada del músculo masetero está aún sin resolver, y el número de fascículos musculares puede cambiar dependiendo del criterio de identificación.

En nuestro estudio hemos hallado tres tipos de composición del músculo masetero: dos fascículos, tres fascículos y dos fascículos con un tendón intermedio. Así, clasificamos a los músculos maseteros en tres tipos diferentes según el número de fascículos musculares: tipo I, con dos fascículos musculares; tipo II, con tres fascículos; tipo III, con dos fascículos musculares y un tendón intermedio entre el fascículo profundo y superficial. De los 58 músculos estudiados, 21 pertenecen al tipo I (36%), 32 pertenecen al tipo II (55%) y los 5 restantes pertenecen al tipo III (9%). Hovelacque, en 1927 (173), publicó uno de los primeros estudios sobre las características del músculo masetero en relación a su número de capas, describiendo tres fascículos musculares a los cuales denomina fascículos profundo, superficial e intermedio. Es importante señalar que la nomenclatura de la clasificación de las fascículos musculares más utilizada en la

literatura científica es la que divide al músculo en fascículos superficial, intermedio y profundo (173,184-186). Shimokawa y cols. (175) describen el músculo compuesto por dos (20%), tres (66,6%) o cuatro (13,3%) fascículos musculares. Igual que nuestro estudio, el grupo más frecuente pertenece a las tres fascículos musculares. Tenemos que resaltar que en el trabajo de Shimokawa los fascículos musculares se denominan lateral, intermedio y medial, correspondiéndose dicha nomenclatura con las fascículos superficial, intermedia y profunda respectivamente, según la nomenclatura que utilizamos. Lam y cols. (180) describieron la estructura tendinosa del músculo masetero humano mediante reconstrucciones tridimensionales por imágenes de resonancia magnética identificando cuatro planos tendinosos en cada músculo masetero. Yoshikawa y Suzuki (181) clasificaron el músculo masetero en cinco fascículos basados en la relación entre las estructuras tendinosas y musculares. Gaudy y cols. (184), mediante estudios de resonancia magnética, mostraron que el músculo presentaba una organización estructural constante, constituido por tres fascículos. Brunel y cols. (185) demostraron que la identificación de las estructuras aponeuróticas y la masa muscular del masetero variaban en relación con la edad de cada paciente. Otros trabajos describieron la composición del músculo masetero en dos (176,177) o tres fascículos sin precisar mayores detalles sobre su estudio (178,179,186,188). Es importante mencionar que en cuatro de los especímenes disecados en nuestra muestra no coincide la composición muscular en los lados de la cara, con la particularidad de que los lados derechos de estos 4 especímenes siempre se componen de 3 fascículos, al contrario que los lados izquierdos con dos fascículos. En relación al sexo se observa que de los 4 especímenes en cuestión 3 son del sexo femenino (75%) y uno del sexo masculino (25%).

#### 5.4 Medidas del nervio maseterino y sus ramas

En nuestra muestra hallamos que la longitud total del nervio maseterino desde el transcurso por el borde inferior del arco cigomático hasta el origen de la última rama intramuscular presenta una longitud media y desviación estándar de  $33,97 \text{ mm} \pm 7,48$ ; con un rango que se encuentra entre 20,0 mm y 52,26 mm. En diferentes trabajos publicados (174,230,231) se menciona la distancia útil del nervio maseterino para su uso como nervio donante a su paso por la escotadura mandibular sin especificar las referencias anatómicas de dicha distancia. La “distancia útil” es la longitud que se puede obtener del nervio maseterino cuando se realiza su sección y trasposición para ser utilizado como nervio motor en la cirugía de reanimación dinámica de la parálisis facial. En el trabajo de Cheng y cols. (231) hallaron para dicha distancia una media y desviación estándar de  $13,78 \pm 2,31 \text{ mm}$ . Cortufo y cols. (230) describieron en su trabajo la distancia de dos ramas del nervio maseterino con un diámetro mayor de 0,6 mm para su uso en la conexión con las ramas del nervio facial, sin incluir para la descripción de sus resultados el resto de ramas intramusculares, por lo cual no se especificó el origen real de lo que ellos consideraron “rama constante y segunda rama”. La “rama constante” presentó una longitud de  $27 \text{ mm} \pm 5,87$ ; la “segunda rama” estudiada se midió una longitud de  $19 \text{ mm} \pm 1,89$ . En comparación con nuestro estudio, los resultados de la rama constante se acercan a los resultados de la longitud del nervio maseterino desde el paso por el arco cigomático hasta el origen de la última rama intramuscular. Cortufo no realizó un análisis de la carga axonal de las ramas del nervio maseterino. En el trabajo publicado por Brenner y Schoeller (192) los autores mencionaron que Escat y Viela cuantifican la distancia del nervio maseterino desde su paso por la escotadura mandibular hasta su entrada en el

músculo masetero en 32mm. Sin embargo, al revisar el artículo original de Escat y Viela (172) de 1924 podemos comprobar que en realidad lo que se describen es que la distancia útil del nervio maseterino de cara a su uso en la conexión con la rama temporal del nervio facial es de 32mm, y esta es la distancia que existe entre dos líneas paralelas que pasan respectivamente por la entrada del nervio en la escotadura mandibular y por la rama terminal del nervio maseterino en el músculo masetero. En nuestro estudio esta “distancia útil” corresponde a la longitud del recorrido nervio maseterino desde el paso por el arco cigomático hasta el origen de la última rama intramuscular, aquella que penetra en el fascículo muscular superficial. Trabajos más recientes como el de Cortufo (230) siguen haciendo referencia a esta medida de forma errónea. Klebuc (218) realizó la disección completa del nervio maseterino para su uso en la conexión con el nervio facial, sin embargo, no cuantificó dicha longitud. En otros trabajos (174,191) solamente describen la distancia del nervio maseterino desde su paso por el borde inferior del arco cigomático hasta su entrada en el músculo masetero. Los datos de estos trabajos cuantificaron dicha medida entre un rango de 1-7mm (174) y 2-8mm (191).

En nuestra muestra hallamos que la longitud del origen de la primera rama intramuscular presenta una media y desviación estándar de  $12,65\text{mm} \pm 4,71$ , con un rango que se encuentra entre 3,0 mm y 23,0 mm. Borschel (205) cuantificó esta longitud con una media que se situaba entre  $13,3 \pm 2,00\text{mm}$ . Chen (231) cuantificó esta distancia en  $13,78 \pm 2,31$  mm. Existen varios estudios que describen las características del nervio maseterino con respecto a sus ramas intramusculares (191, 230). Sin embargo, estos trabajos no miden ningún tipo de longitudes. Sí que coinciden no obstante en describir la presencia de la denominada rama constante.

Además, Rakhawy (191) describió el recorrido de esta rama constante, que tiene un recorrido horizontal hacia el borde anterior del músculo, mientras que el tronco principal continua un recorrido oblicuo hacia abajo. En nuestro estudio la primera rama intramuscular se corresponde con la rama constante del estudio de Rakhawy, tiene una dirección anterior y se dirige al fascículo profundo. Los resultados de la longitud de la primera rama intramuscular del nervio maseterino en los trabajos publicados por Borschel (205) y Chen (231) son similares a los datos obtenidos en nuestros casos. Además en nuestro estudio describimos las características de dicha rama, destacando que de manera reiterada se dirige al fascículo profundo del músculo masetero, lo cual nos permite tener la posibilidad de poder utilizar el nervio maseterino como nervio donante para la reanimación dinámica de la parálisis facial y mantener una función adecuada del músculo masetero al respetar la innervación del fascículo profundo.

Por otro lado hemos hallado que la longitud del origen de la segunda rama intramuscular del nervio maseterino desde el paso por el arco cigomático presenta una media y desviación estándar de  $17,54\text{mm} \pm 6,41$ ; con un rango que se encuentra entre 5,0 mm y 35,0 mm. La mayoría de los trabajos publicados únicamente se centran en las características de la primera rama intramuscular (191,205,231) y solamente en el trabajo publicado por Cortufo (230) se hace referencia a esta segunda rama, pero sin cuantificar la distancia de origen de la misma. La importancia de esta medida es que puede ser utilizada como una referencia anatómica para identificar la longitud a la cual el nervio maseterino presenta una carga axonal motora menor que la carga axonal del nervio obturador para el músculo que será neurotizado.



Completando el estudio de las características del nervio maseterino y sus ramas intramusculares hemos descrito y cuantificado las distancias de origen del resto de ramas. En relación al número de ramas intramusculares hemos hallado una media y desviación estándar de  $6,10 \pm 1,52$  ramas. Las ramas intramusculares presentan una dirección de recorrido anterior o posterior teniendo en consideración su origen y relación con el tronco principal nervio maseterino (Tabla 8). Kim y cols. (194) dividieron el músculo masetero en seis áreas y describieron la dirección de las ramas del nervio maseterino hacia los fascículos musculares. Sin embargo, en comparación con nuestro estudio, no cuantificaron las distancias de las ramas intramusculares ni el número de ramas en cada área. Peker y cols. (229) describieron la presencia de ramas intramusculares “principales” y “menores” del nervio maseterino. Mencionaron un promedio de 2,8 ramas intramusculares principales y 15,5 ramas intramusculares menores. En nuestro trabajo la media de ramas es 6,10, lo cual supone más del doble del promedio de “las ramas principales” y aproximadamente la mitad del promedio de “las ramas menores”. Sin embargo, Peter y cols. (229) no especificaron el concepto de ramas “principales” y “menores”, así como tampoco mencionaron las distancias de origen de éstas. Shimokawa y cols. (175) describieron la distribución de las ramas intramusculares según su origen en el tercio proximal, medio o distal del nervio maseterino. Las ramas que se originaban en el tercio proximal del nervio se dirigían hacia el fascículo profundo, las ramas del tercio medio hacia el fascículo medio y las ramas del tercio distal hacia el fascículo superficial. En nuestro estudio la primera rama intramuscular del nervio maseterino se dirige al fascículo profundo y corresponde con las ramas del tercio proximal que describe Shimokawa. Sin

embargo, Shimokawa no cuantificó las distancias de origen de las ramas, ni el número de cada una de ellas.

### **5.5 Localización de la rama del nervio maseterino que inerva el fascículo superficial del músculo masetero: anatomía topográfica**

Con el objetivo de facilitar la localización intraoperatoria del nervio maseterino en la cirugía de reanimación dinámica de la parálisis facial se diseñaron dos líneas de referencia. La primera línea unía el gonion con el origen del arco cigomático y la segunda línea unía la comisura bucal con el cóndilo mandibular. Estas líneas dividían al músculo masetero en cuatro áreas: antero-superior, antero-inferior, postero-superior y postero-inferior. En nuestra muestra, en el 35,3 % de los casos el origen de la primera rama que inerva el fascículo superficial se encuentra en la intersección de estas dos líneas. El 35,3% de los casos se localizó en el cuadrante antero-superior; el 11,7% en el cuadrante antero-inferior; el 11,7% en el postero-superior. Por último, en el 6,0% de los nervios estudiados la primera rama que inerva el fascículo superficial se localizó en el cuadrante postero-inferior. En la literatura encontramos que los primeros trabajos que han intentado utilizar referencias anatómicas para ubicar al nervio maseterino se han centrado en el paso del nervio por el arco cigomático. Rakhawy y cols. (191) utilizaron el borde inferior del arco cigomático (2-8mm por debajo) y al borde posterior del músculo masetero (1-8mm por delante) para ubicar la entrada del nervio en el músculo. En su trabajo Rakhawy no hace referencia al uso del nervio en la cirugía de la reanimación facial. Biglioli y cols. (219) utilizaron las mismas referencias anatómicas que Rakhawy (10mm por debajo del arco cigomático y por delante del

borde posterior del músculo masetero). Aunque este trabajo si estaba dirigido al uso del nervio maseterino en la cirugía de reanimación facial, los autores no cuantificaron la longitud disponible del nervio maseterino, ni tampoco hicieron referencia a sus ramas intramusculares. Hwang y cols. (186) utilizaron como referencias para hallar al nervio maseterino en su trayecto intramuscular el borde inferior del músculo masetero y dos líneas verticales que dividen en tres al borde inferior del arco cigomático. En este trabajo el objetivo del estudio estaba dirigido a los casos de pacientes con hipertrofia benigna del músculo masetero. En sus trabajos el nervio se encontraba a  $33 \pm 5,6$  mm del borde inferior del músculo en la línea vertical anterior y a  $47 \pm 5,5$  mm en la línea vertical posterior. Borschel y cols. (205) utilizaron el trago (3cm por delante) y el borde inferior del arco cigomático (1cm por debajo) para ubicar al nervio maseterino en el inicio de su trayecto intramuscular, específicamente para su uso en los casos de reanimación facial. A diferencia de nuestro estudio, Borschel no describe la longitud del nervio maseterino que obtenemos para su utilización en la cirugía de la reanimación facial utilizando estas referencias anatómicas. Cortufo y cols. (230) realizaron un estudio en cadáveres para identificar el nervio maseterino en su trayecto intramuscular para su uso como nervio donante en la cirugía de reanimación facial, describiendo un área cuadrangular denominada “área maseterina”, para lo cual utilizaron el borde inferior del arco cigomático como límite superior; el límite posterior es una línea vertical que coincide con el paso del nervio maseterino por debajo del arco cigomático; el límite anterior es la distancia desde el trago hasta el momento en que la primera rama intramuscular constante del nervio maseterino se mantiene útil para su uso como nervio donante; el límite inferior es una línea paralela al borde inferior del arco cigomático desde el inicio del límite anterior. En

comparación con nuestro estudio consideramos que las referencias anatómicas utilizadas por Cortufo para localizar al nervio maseterino son poco reproducibles en la cirugía de reanimación de la parálisis facial. Cheng y cols. (231) describieron un área triangular para localizar al nervio maseterino a su paso por el arco cigomático. El borde superior del área triangular es una línea que pasa por el arco cigomático y une la apófisis coronoides y el cóndilo mandibular; el vértice inferior corresponde a la escotadura mandibular. Utilizando estas referencias encontraron que la distancia del nervio maseterino desde su paso por el borde inferior del arco cigomático es de  $12,22 \pm 3,68\text{mm}$ . Estos datos son similares a los resultados que hemos hallado en la distancia de la primera rama intramuscular del nervio maseterino ( $12,65 \pm 4,71\text{mm}$ ). Collar y cols. (239) describieron “el triángulo subcigomático” para identificar el nervio maseterino utilizando el borde del arco cigomático, la articulación temporomandibular y la rama frontal del nervio facial. Sin embargo, estas referencias anatómicas siguen identificando al nervio maseterino en la escotadura mandibular siguiendo el trayecto que está descrito en todos los trabajos publicados (172,173,175,186,191,192,194,205,218,219, 229,230,234).

## **5.6 Relaciones entre el nervio maseterino y la arteria maseterina**

La relación de la arteria maseterina y del nervio maseterino es de suma importancia como parte de la anatomía quirúrgica para las técnicas de reconstrucción dinámica de la parálisis facial. Cuando realizamos la disección del músculo masetero en la escotadura mandibular para hallar el nervio maseterino es vital tener en cuenta la presencia de esta arteria para evitar lesionarla pues su

sangrado dificulta el proceso de disección, puede hacer que se produzcan lesiones del nervio al realizar la hemostasia y además podría alterar la vascularización del músculo masetero si tuviera que ser utilizado como colgajo pediculado (189,190). En una muestra de 19 casos hallamos que en 18 casos (95%) existe una única arteria maseterina entrando al músculo masetero. En este grupo, de una única arteria que penetra al músculo, en 11 casos (61%) la arteria realiza una entrada anterior en relación al nervio maseterino y en 7 casos (39%) la arteria realiza una entrada posterior en relación con el nervio maseterino. En el único caso de dos arterias maseterinas entrando al músculo masetero, éstas se ubican anterior y posterior respectivamente al nervio maseterino. En los trabajos de Escat y Viela en 1924 (172) y Hovelacque en 1927 (173), que son los primeros trabajos que describieron la relación de la arteria y el nervio maseterino a su paso por la escotadura mandibular, coincidiendo con nuestros datos, se describió que en la mayoría de los casos la arteria maseterina se ubica por delante del nervio maseterino, con una única arteria maseterina. En trabajos más recientes, Hwang y cols. (193) describieron esta relación ubicando al nervio maseterino por encima y ligeramente por detrás de la arteria a su paso por la escotadura mandibular. En la literatura no hemos encontrado un trabajo en el cual se describa la presencia de dos arterias maseterinas a su paso por la escotadura mandibular, como se ha podido observar en nuestros resultados.

Durante el recorrido intramuscular el nervio y la arteria maseterina continúan manteniendo una relación de importancia de cara a la anatomía quirúrgica que es conveniente conocer para poder realizar correctamente nuestras técnicas de reconstrucción dinámica. En la muestra analizada la arteria maseterina cruza al nervio maseterino en todos los casos. En 17 casos (95%) en los que una única

arteria maseterina entra al músculo, el cruce se realiza con la arteria pasando por delante del nervio, y en 1 caso (5%) la arteria cruza al nervio por detrás. En el caso de la presencia de dos arterias maseterinas que penetran en el músculo, éstas se conectan a través de ramas que pasan por delante del nervio maseterino. Hovelacque (173) describió a la arteria maseterina cruzando al nervio maseterino durante su trayecto intramuscular, solamente en los casos en los cuales la arteria maseterina se ubica posterior al nervio cuando penetraban en el músculo masetero, sin especificar si la arteria cruzaba por delante o por detrás del nervio. Hwang y cols. (186,189) describieron esta característica y la clasificaron en dos tipos. En el tipo I (el más frecuente 69,6%) el nervio maseterino cruza a la arteria por delante. En el tipo II (30,4%) el nervio maseterino no cruza a la arteria. En nuestros resultados la arteria maseterina siempre cruza al nervio por delante en su trayecto intramuscular. Al analizar en detalle los trabajos de Hwang encontramos que en los casos en los que menciona que no existe una intersección entre la arteria y el nervio maseterino durante su recorrido intramuscular, la arteria maseterina cruza por delante de las principales ramas intramusculares del nervio maseterino.

### **5.7 Recorrido intramuscular del nervio maseterino**

El nervio maseterino luego de su entrada en el músculo masetero sigue una dirección relativamente constante hasta su ramificación final. En nuestro estudio el trayecto del nervio sigue una dirección de profundo a superficial, de craneal a caudal, y de lateral a medial. Esta dirección es la misma que se menciona en todos los trabajos realizados al respecto (172,173,175,186,191,192,194,205,218,219,

229,230,234). Este recorrido presenta una variación en relación a los fascículos musculares que atraviesa el nervio. En 9 casos (45%) de nuestra muestra el recorrido del nervio se realiza intramuscularmente en el fascículo profundo; en 7 casos (35%) este recorrido se realiza entre el fascículo profundo y superficial; en 1 caso (5%) el recorrido se realizó intramuscularmente en el fascículo intermedio; en otro caso se realizó entre el fascículo intermedio y superficial; y en el caso restante entre el fascículo profundo e intermedio. Según lo descrito en la literatura con respecto a este parámetro, los datos varían dependiendo del autor que se consulte, y dependiendo del número de fascículos de los músculos. Hovelacque (173) describió el recorrido del nervio entre el fascículo profundo y superficial. Kim y cols. (194), cuyos resultados mostraron que los músculos maseteros presentaban siempre tres fascículos, describieron el recorrido del nervio entre el fascículo profundo e intermedio del músculo masetero. Hwang y cols. (186), que también encontraron que los músculos maseteros presentaban siempre tres fascículos, describieron el recorrido del nervio entre el fascículo profundo e intermedio. Cortufo y cols. (230) describieron el nervio maseterino siguiendo su trayecto intramuscular en “la parte más profunda”, entendiendo que se refiere al fascículo profundo del músculo masetero. De igual forma, de Castro Correia y Zani (234) describieron el trayecto intramuscular del nervio maseterino, sin embargo no hicieron referencia en ningún momento sobre su relación con los fascículos del músculo masetero.

En nuestras disecciones observamos en un solo caso la presencia de dos nervios maseterinos en la escotadura mandibular, que posteriormente penetra en el músculo masetero. En el resto de nuestros resultados existe un único nervio maseterino penetrando el músculo masetero, igual que en la mayoría de los

trabajos que hacen referencia al estudio del nervio maseterino, describiéndolo como un tronco único o principal (150,172,173,175,186,194,198,205,218,219,229-231,234). Solamente en los trabajos de Rakhawy y cols. (191) y Brenner y Schoeller (192) se mencionó la existencia de más de un nervio maseterino en la escotadura mandibular antes de penetrar en el músculo masetero. Rakhawy y cols. (191) examinaron un total de 15 músculos maseteros hallando un único nervio en 12 de ellos, y en la presencia de 2 nervios en los tres músculos restantes. Brenner y Schoeller (192) examinaron las características del nervio maseterino durante su paso por la escotadura mandibular y en el momento de penetrar el músculo masetero. En el paso del nervio por la escotadura mandibular encontraron la presencia de uno a cuatro nervios maseterinos, siendo la forma más frecuente de presentación dos ramas principales (47,2% de los casos). En el momento de penetrar al músculo masetero encontraron la presencia de uno a cinco nervios maseterinos, siendo la forma más frecuente de presentación tres ramas principales (55,6% de los casos). No existen otros trabajos con resultados similares a los hallados por Brenner y Schoeller.

### **5.8 Carga axonal de los nervios maseterinos y obturador**

Durante las últimas décadas del siglo XX el desarrollo de las técnicas de transferencia microquirúrgica garantizaban la viabilidad del tejido trasplantado en los casos de reanimación dinámica de la parálisis facial. Sin embargo, la óptima revascularización de los tejidos no es garantía de una adecuada reinervación de la musculatura trasplantada. Para poder garantizar una adecuada reinervación de la musculatura es imprescindible lograr el crecimiento axonal rápido desde el nervio



motor donante hasta la placa neuromuscular de la musculatura reinervada. En los estudios clínicos se ha demostrado que la utilización del nervio maseterino como nervio motor para la inervación de la musculatura trasplantada o para la reanimación directa de la musculatura de la mímica facial produce una excursión similar al lado sano de la cara (29,70,148,150-153,158-160,192,198,204,205,215, 218-220,230,231). Además al comparar directamente los resultados del movimiento de excursión de la musculatura trasplantada utilizando como nervio motor el nervio maseterino en un grupo y en otro grupo el nervio facial del lado sano se ha observado una mayor amplitud de movimiento en el grupo del nervio maseterino (153). El avance en los conocimientos de regeneración nerviosa y en el trasplante muscular nos demuestra que el mayor grado de movimiento muscular está directamente relacionada con el mayor grado de regeneración de los axones motores, lo cual se traduce en una mayor carga axonal motora (31-33,144,150,154,200,201,203,205,211,212). Uno de los factores para lograr este crecimiento axonal rápido es una técnica microquirúrgica meticulosa. El éxito de este crecimiento axonal y la reinervación se objetiva clínicamente a través del rango de movimiento del músculo trasplantado debido a su capacidad de contracción. Es por este motivo que se empiezan a realizar trabajos de investigación para poder entender las causas de estos resultados clínicos tan variables (28,157,158,161,195-199).

En nuestro estudio hemos realizado el análisis de los axones motores del nervio maseterino y del nervio obturador mediante la detección por técnicas inmunohistoquímicas de la ChAT (213-214). Esta enzima es responsable de la biosíntesis de la acetilcolina por lo tanto la detección inmunohistoquímica de dicha enzima marca las neuronas colinérgicas del sistema nervioso central y periférico,

marcando por tanto los axones colinérgicos que se localizan en un determinado nervio, (201,211-212). En el estudio de esta carga axonal motora existen distintas técnicas para hallar este resultado. La técnica de inmunohistoquímica de detección de la enzima ChAT nos garantiza la detección del porcentaje real de fibras motoras en un fascículo nervioso (201,211-214), lo cual nos permite saber realmente la capacidad y compatibilidad de cualquier nervio como nervio motor.

Una fibra nerviosa es la denominación con que se conoce a un axón (o una dendrita) de una célula nerviosa. Los fascículos de las fibras nerviosas que se encuentran en el sistema nervioso periférico alcanzan su objetivo diana a través de los denominados nervios craneales y nervios raquídeos. Los nervios espinales se forman en las raíces anteriores y posteriores de la médula espinal y los nervios craneales se originan en el tronco encefálico. Cada nervio consta de fascículos paralelos de fibras nerviosas, que pueden ser axones aferentes o eferentes, pueden ser mielínicos o amielínicos, y se hallan rodeadas por varias vainas de tejido conjuntivo. Algunos de estos nervios están compuestos en su totalidad por fibras nerviosas aferentes que aportan sensaciones al cerebro (nervios craneales olfativo, óptico y vestibulococlear), otros están compuestos por fibras eferentes (nervios craneales oculomotor, troclear y abducens, accesorio e hipogloso), mientras que otros nervios, como por ejemplo el nervio craneal trigémino, tienen fibras tanto aferentes como eferentes (235). Las fibras nerviosas pueden clasificarse de acuerdo con su velocidad de conducción y su tamaño. Como sabemos por la clasificación de Erlanger y Gasser (209,210), las fibras nerviosas pueden ser fibras mielínicas o amielínicas. Además, según la velocidad de conducción se las ha dividido en tres grandes grupos: Fibras A, Fibras B y Fibras C. Las fibras C son fibras amielínicas de pequeño tamaño; pueden transmitir el dolor de tipo difuso y

profundo y la temperatura o ser fibras autónomas posganglionares. Las fibras B son fibras mielinizadas de tamaño intermedio que pertenecen al sistema autónomo preganglionar. Las Fibras A son fibras mielinizadas de gran tamaño y están subdivididas en alfa, beta, gamma y delta. Las fibras A alfa transmiten la inervación motora a los músculos esqueléticos; el resto de fibras mielinizadas del grupo A transmiten información sobre el tacto, presión, vibración (A beta); son los responsables de la inervación del huso muscular (A gamma); o transmiten el dolor agudo localizado y el tacto (A delta). En resumen, observamos que una fibra nerviosa mielinizada puede ser una fibra motora encargada de transmitir información para la contracción muscular, una fibra sensitiva encargada de transmitir la información sobre sensaciones como el tacto, presión y el dolor, o pertenecer al sistema nervioso autónomo.

Por otro lado, los axones colinérgicos que se sitúan dentro de un nervio, es decir, que presentan la enzima ChAT, pueden ser de varios tipos: 1- los axones motores de las fibras nerviosas que inervan los músculos esqueléticos, los cuales son el objeto de estudio de la presente tesis; pero esta enzima puede presentarse también en otros tipos de fibras nerviosas: 2- las fibras preganglionares del sistema nervioso autónomo simpático y parasimpático; 3- las fibras posganglionares del sistema simpático que inervan las glándulas sudoríparas y los vasos sanguíneos. En base a la localización de las muestras que estudiamos, cerca del músculo, se descartó que estas fibras correspondieran a neuronas preganglionares (simpáticas y parasimpáticas) y a las simpáticas posganglionares que inervan las glándulas sudoríparas. Sin embargo, hay otro tipo de axones colinérgicos que sí que hubieran podido estar presentes en los nervios que estudiamos, como son los axones de las neuronas simpáticas posganglionares (tipo

C) y los axones de las simpáticas posganglionares que terminan en los vasos sanguíneos de algunos músculos esqueléticos (tipo C), Para diferenciar los axones que queríamos cuantificar, los de las motoneuronas (tipo A alfa) de los axones colinérgicos tipo C, nos basamos en la presencia de la vaina de mielina y en el tamaño de los axones, concluyendo que las fibras ChAT positivas que cuantificamos eran axones motores (235-237).

La obtención de las muestras para analizar el nervio maseterino se realizó después de la disección del trayecto intramuscular del nervio y de sus ramas colaterales. En todas los segmentos de nervios maseterinos analizados hemos obtenido cuatro muestras tomadas a diferentes niveles del tronco principal o de las diferentes ramas del nervio (Figura 12). La muestra "I" corresponde a la entrada del nervio en el músculo, es decir, al tronco principal del nervio antes de dar la primera rama; la muestra "II" corresponde al segmento de nervio distal a la primera rama; la muestra "III" corresponde a la primera rama del nervio; finalmente la muestra "IV" corresponde al segmento de nervio inmediatamente distal a la segunda rama. La obtención de la muestra del nervio obturador se realizó una vez hallado el pedículo vasculonervioso principal del músculo gracilis. Se obtuvo una muestra por cada músculo *gracilis* estudiado.

En el análisis estadístico hemos comparado la carga axonal motora del nervio maseterino en los cuatro niveles de corte obtenidos en nuestra muestra, con la carga axonal motora del nervio obturador. Con tal objetivo hemos comparado las medianas de las muestras con la prueba no paramétrica Mann-Whitney debido a la dispersión en las variables utilizadas y al tamaño de la muestra. Se han considerado resultados estadísticamente significativos aquellos con valores de

$p < 0,05$ . Hemos hallado diferencias estadísticamente significativas en la comparación del grupo de muestras del nervio maseterino etiquetadas como I y IV con tinción ChAT positiva. En las muestras obtenidas del nervio obturador la media y desviación estándar son  $352 \pm 193$ . Para la interpretación clínica de este análisis estadístico tenemos que observar la media de los axones motores con tinción ChAT positiva contabilizadas en los cuatro grupos analizados del nervio maseterino y la media de los axones motores con tinción ChAT positiva del nervio obturador. En el Grupo I correspondiente a las muestras obtenidas a la entrada del nervio maseterino en el músculo, la media y desviación estándar de los fibras motoras con tinción positiva son  $640 \pm 283$ , lo cual prácticamente duplica la media de 352 axones motores ChAT positivos hallados en el nervio obturador. Es decir, el nervio maseterino en la entrada al músculo masetero y antes de dar la primera rama intramuscular es un nervio donante óptimo para la reinervación de la musculatura trasplantada pues nos garantiza una carga axonal motora muy importante. En el Grupo IV, que corresponde a las muestras obtenidas distal a la segunda rama, la media y la desviación estándar de las fibras motoras con tinción positiva son de  $216 \pm 301$ , es decir, presentan una menor cantidad de axones motores ChAT positivos en comparación con la media de axones del nervio obturador. La explicación clínica de hallar una diferencia estadísticamente significativa en este grupo es porque existe una disminución importante de axones en el nervio distal maseterino distal a la segunda rama. Por lo cual, consideramos que el nervio maseterino en el segmento distal a la segunda rama intramuscular no sería un nervio óptimo para la reinervación de la musculatura trasplantada.

Continuando con el análisis de los resultados estadísticos observamos que los segmentos del nervio maseterinos etiquetados con II y III no presentan diferencias

estadísticamente significativas al comparar su carga axonal motora con el nervio obturador. Sin embargo, al analizar la media de los axones motores ChAT positivos en dichos segmentos, observamos que para los segmentos II y III la media hallada sigue siendo mayor al compararla con la media de axones motores del nervio obturador. La media de los axones motores en el segmento II es 527 y en el segmento III es 423. Es decir, sigue siendo una carga axonal motora mayor que la carga axonal del nervio obturador. Por lo cual, consideramos que los segmentos II y III del nervio maseterino correspondientes al nervio inmediatamente después de dar su primera rama intramuscular y la primera rama intramuscular propiamente dicha siguen siendo una opción óptima para la reinervación de la musculatura trasplantada pues mantienen una carga axonal motora mayor que la carga axonal del nervio obturador.

Al comparar nuestro estudio con los trabajos publicados que estudian la reinervación de la musculatura trasplantada y la carga axonal motora observamos que dichos trabajos se han centrado en el análisis y cuantificación de las fibras nerviosas mielinizadas (150,154,205-208). En su estudio Harrison (144) realizó la transferencia microquirúrgica del músculo *pectoralis minor* en dos tiempos quirúrgicos. En el primer tiempo utilizó como injerto el nervio sural conectándolo a fascículos distales del nervio facial sano contralateral. En el segundo tiempo quirúrgico tomó una muestra del borde distal del nervio sural y lo analizó para la detección de mielina y cuantificar la actividad de la enzima acetilcolinesterasa para detectar la actividad de dicha enzima (200) que en la actualidad sabemos que no es un marcador específico de carga axonal motora. Con la técnica utilizó por Harrison solamente se realizó una estimación del área transversal del nervio con tinción positiva, que varía entre el 20 y 50% del área transversal, y no una cuantificación

real de las fibras axonales motoras. Frey y cols. (201), realizaron un estudio experimental comparando los resultados del trasplante de músculos rectos femorales en conejos, analizaron distintas variables con la fuerza de contracción obtenida en la musculatura trasplantada, y demostraron una excelente correlación entre el resultado funcional y el contenido de la ChAT en la fibra muscular. Sin embargo, para calcular dicha enzima utilizaron una determinación radioquímica de su actividad (contaje por minuto, por gramo de peso muscular) (202), además observamos que la determinación de la enzima se realizó en las fibras musculares y no en las fibras nerviosas. Rayment y cols. (203) mediante estudios de electrofisiología, intentaron encontrar las razones por las cuales los pacientes con parálisis facial y reconstrucción mediante la técnica de injerto cruzado de nervio facial presentan la imposibilidad de lograr una simetría en el movimiento sinérgico de la musculatura facial. Como conclusión mencionaron que en los pacientes que obtuvieron una reinervación exitosa del músculo trasplantado, la dificultad de lograr la simetría de movimiento está directamente relacionada con el número de axones que llegan al músculo a través del injerto nervioso. Frey y cols. (154) realizaron el estudio de la carga axonal motora y reinervación muscular en pacientes con parálisis facial unilateral, dividiéndolo en dos etapas. En la primera etapa realizaron un injerto cruzado facial, seleccionando ramas terminales del nervio facial sano contralateral para su conexión con un injerto de nervio sural. En esta primera etapa realizaron biopsias a dichas ramas terminales del nervio facial para cuantificar el número de fibras mielínicas. En la segunda etapa (entre 8 y 10 meses después de la primera cirugía) realizaron el trasplante del músculo *gracilis* con la unión de su nervio motor al extremo distal del nervio sural injertado en la primera etapa. En esta segunda etapa realizaron una biopsia del extremo distal del

nervio sural antes de su unión a la rama motora del *gracilis*. En los resultados observaron que solo el 20%, aproximadamente, de las fibras mielínicas del nervio facial sano alcanzaron el extremo distal del injerto nervioso. Este es el primer trabajo en el cual se demostró que la carga axonal motora aportada por el nervio facial sano contralateral para los casos de reanimación dinámica de la parálisis facial no es la óptima para la reinervación de la musculatura trasplantada. Sin embargo, observamos que Frey se basó en la cuantificación de las fibras mielínicas para su análisis, y como hemos mencionado previamente una fibra mielinizada puede transportar además de un axón motor una fibra sensitiva o incluso una fibra autónoma preganglionar. Coombs (150,204) publicó su estudio sobre la reconstrucción dinámica de la parálisis facial mediante transferencia microquirúrgica de músculo *gracilis* utilizando al nervio maseterino como nervio motor. Realizó la biopsia del nervio maseterino y del nervio obturador del músculo *gracilis* con el objetivo de cuantificar el número de axones disponibles para la inervación del músculo trasplantado. Contabilizó el número de axones mielinizados hallando una media y desviación estándar de  $1543 \pm 292$ , en los nervios maseterinos y para el nervio obturador encuentra una media y desviación estándar de  $343 \pm 158$  fibras mielínicas. El ratio entre el número de axones hallados en el nervio maseterino y nervio obturador es de aproximadamente 4,5 a 1. El planteamiento del trabajo de Coombs presenta diferencias en relación a nuestro estudio. En primer lugar Coombs cuantificó la presencia de axones mielinizados y como ya hemos mencionado un axón mielinizado puede transportar además de un axón motor una fibra sensitiva o incluso una fibra autónoma preganglionar. Es por este motivo que se puede explicar las diferencias que hemos observado en el conteo de axones motores del nervio maseterino. En nuestros



resultados la media de los axones motores con tinción ChAT positiva del nervio maseterino en la entrada en el músculo masetero es de 640 axones, y en el caso de los resultados de Coombs se encontró una media de 1543 axones, es decir, dos veces y medio el valor de nuestros resultados. Esto puede indicar que en el conteaje de los axones Coombs esté incluyendo además de axones motores, fibras sensitivas e incluso fibras autónomas. Además de lo anterior, nosotros realizamos el conteaje de los axones motores del nervio maseterino en distintos niveles. Coombs no especificó el lugar donde realizó la toma de muestra del nervio maseterino para su análisis. Borschel y cols. (205) siguiendo el trabajo iniciado por Coombs, realizaron otro estudio morfológico del nervio maseterino enfocado en su uso en la parálisis facial. En este análisis encontraron que el nervio maseterino contiene un promedio de 2775 ( $\pm$  470, DE) fibras mielínicas. Sin embargo, realizaron el conteaje de fibras mielinizadas igual que Coombs. Cheng (231) y Cortufo (230) realizaron sus estudios describiendo las longitudes del nervio maseterino y de sus ramas intramusculares. Sin embargo, a diferencia de nuestro estudio, no realizaron un análisis de la carga axonal motora del nervio maseterino.

## **5.9 Consideraciones metodológicas**

Debido a la dificultad técnica de la realización de la inmunohistoquímica en muestras de cadáveres fijados incluidas en parafina, no todas las muestras tomadas durante la disección han ofrecido resultados satisfactorios. El proceso de fijación y el tiempo que haya pasado desde dicho proceso puede afectar a un tejido tan especial como el nervioso. Además, uno de los pasos clave en la técnica de inmunohistoquímica, el desenmascaramiento de antígenos mediante tratamiento

químico, puede afectar al tejido, debido al pH y a la alta temperatura a la que se someten las muestras. Esto hace que no siempre la técnica se salde con resultados favorables, por lo que, algunas muestras no han podido ser procesadas o incluidas en el estudio inmunohistoquímico. Por otro lado, la gran cantidad de muestras obtenidas tuvieron que ser procesadas en varias tandas. Aunque el procedimiento sea el mismo, los resultados de la técnica no son uniformes, y los grados de tinción son muy heterogéneos de unas muestras a otras. Esto, unido a que la técnica de conteo axonal es muy dependiente del observador, puede generar, algún resultado heterogéneo.

## **6. CONCLUSIONES**

1. En nervio maseterino presenta una longitud media de  $33,97 \pm 7,48$  mm desde la escotadura mandibular hasta la entrada de la rama distal en el fascículo muscular superficial. La longitud media del nervio maseterino hasta el origen de la primera rama es  $12,65 \pm 4,71$  mm, mientras que la longitud media hasta la segunda rama es  $17,54 \pm 6,41$  mm. Dichas medidas permiten utilizar un segmento de nervio maseterino con una longitud óptima para realizar anastomosis nerviosas con el fin de realizar reparaciones dinámicas de la parálisis facial mediante colgajos libres microvascularizados y neurotizados. Estos hallazgos nos permiten confirmar además que es posible realizar anastomosis término-terminales entre el nervio maseterino y el nervio motor del músculo trasplantado respetando alguna de las ramas principales del propio nervio maseterino, lo cual evita una atrofia completa del propio músculo.
2. La arteria maseterina penetra en el músculo masetero anterior al nervio maseterino a nivel de la escotadura mandibular en el 61 % de los casos. En el 39 % de casos restantes se localiza posterior al mismo. La arteria maseterina cruza al nervio maseterino en su trayecto intramuscular. En el 95% de los casos lo realiza por delante del nervio.
3. El músculo masetero presenta tres fascículos musculares (tipo II) en el 55 % de los casos; dos fascículos musculares (tipo I) en el 36 % de los casos y dos fascículos musculares con un tendón intermedio (tipo III) en el 9 % de los casos.
4. Las líneas de referencia que unen el gonion con el arco cigomático y la comisura bucal con el cóndilo mandibular dividiendo al músculo masetero en cuatro áreas

nos permiten localizar con certeza la rama del nervio maseterino que inerva el fascículo superficial del músculo masetero. En el 35,3% de los casos este segmento del nervio se localiza en la intersección de las dos líneas de referencia. En un 35,3% de casos, dicho segmento aparece en el cuadrante antero-superior

5. El nervio maseterino en los segmentos I, II y III presenta una carga axonal motora mayor que la del nervio obturador, aunque únicamente se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar la carga axonal motora del segmento I del mencionado nervio con la del nervio obturador. También se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las cargas axonales del segmento IV del nervio maseterino y nervio obturador, pero en este caso, el valor medio de la carga axonal era menor en el segmento IV que en el nervio obturador. Estos hallazgos permiten afirmar que las anastomosis término-terminales del nervio maseterino y el nervio obturador han de ser realizadas en los segmentos I, II o III preferentemente. No obstante sería ideal realizar la neurotomía del nervio maseterino en el segmento II, para respetar la inervación de los fascículos profundos. En este caso, la carga axonal motora del nervio maseterino es equivalente o mayor que la del nervio obturador.

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

1. Bell C. On the nerves, giving an account of some experiments on their structure and function, which leads to a new arrangement of the system. Trans R Soc Lond. 1821;3:398-424.
2. Bell C. The nervous system of the face. Second part. Phil Trans Soc Lond. 1829;119:317-330.
3. May M. The Facial Nerve. New York: Thieme, 2000.
4. Darwin C. The Expression of the Emotions in Man and Animals. 3rd ed. Ekman P, ed. London: Harper Collins, 1998.
5. Andrews RJ. The origins of facial expressions. Sci Am. 1965;213:88-94.
6. Ekman P. An argument for the basic emotions. Cogn Emotion. 1992;6:169-200.
7. Ekman P. Facial expressions of emotion: new findings, new questions. Psychol Sci. 1992;3:34-8.
8. Twerski AJ, Twerski B. The emotional impact of facial paralysis. In: May M, ed. The Facial Nerve. New York, NY: Thieme Inc; 1986:788-794.
9. de Swart BJ, Verheij JC, Beurskens CHG. Problems with eating and drinking in patients with unilateral peripheral facial paralysis. Dysphagia. 2003;18:267-273
10. Coulson SE, O'dwyer NJ, Adams RD, Croxson GR. Expression of emotion and quality of life after facial nerve paralysis. Otol Neurotol. 2004;25(6):1014-9.
11. Fu L, Bundy C, Sadig SA. Psychological distress in people with disfigurement from facial palsy. Eye. 2011;25(10):1322-6.
12. McGrouther DA. Facial disfigurement: the last bastion of discrimination. BMJ. 1997;314:991.

13. Callahan C. Facial disfigurement and sense of self in head and neck cancer. *Soc Work Health Care*. 2004;40(2):73-87.
14. VanSwearingen JM, Cohn JF, Turnbull J, Mrzai T, Johnson P. Psychological distress: linking impairment with disability in facial neuromotor disorders. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 1998 Jun;118(6):790-6.
15. VanSwearingen JM, Cohn JF, Bajaj-Luthra A. Specific impairment of smiling increases the severity of depressive symptoms in patients with facial neuromuscular disorders. *Aesth Plast Surg*. 1999;23(6):416-23.
16. Williams EE, Griffiths TA. Psychological consequences of burn injury. *Burns*. 1991 Dec;17(6):478-80.
17. Jackson LA. Physical attractiveness: a sociocultural perspective. In: Cash TF, Pruzinsky T, eds. *Body Image: A Handbook of Theory, Research, and Clinical Practice*. New York: Guilford Press; 2002:13–21
18. Levine E, Degutis L, Pruzinsky T, Shin J, Persing JA. Quality of life and facial trauma: psychological and body image effects. *Ann Plast Surg*. 2005 May;54(5):502-10.
19. Bradbury ET, Simons W, Sanders R. Psychological and social factors in reconstructive surgery for hemi-facial palsy. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2006;59(3):272-8.
20. Bull R, Rumsey N. *The social psychology of facial appearance*. Berlin: Springer; 1988.
21. Dey JK, Ishii M, Boahene KD, Byrne PJ, Ishii LE. Facial reanimation surgery restores affect display. *Otol Neurotol*. 2014 Jan;35(1):182-7.
22. Morgan SR, Byrne P. The importance of facial expression and the management of facial nerve injury. *Neurosurg Q*. 2004;14(4):239-48.



23. May M. Facial paralysis: differential diagnosis and indications for surgical therapy. *Clin Plast Surg.* 1979;6(3):275-91.
24. Baker DC, Conley J. Regional muscle transposition for the rehabilitation of the paralyzed face. *Clin Plast Surg.* 1979;6:317-31.
25. Manktelow RT. Free muscle transplantation for facial paralysis. *Clin Plast Surg.* 1984;11:215-220.
26. Guelinckx PJ, Sinsel NK. Muscle transplantation for reconstruction of a smile after facial paralysis past, present, and future. *Microsurgery.* 1996;17(7):391-401.
27. Myckatyn TM, Mackinnon SE. The surgical management of facial nerve injury. *Clin Plast Surg.* 2003;30(2):307-18.
28. Lee EI, Hurvitz KA, Evans GR, Wirth GA. Cross-facial nerve graft: past and present. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2008;61(3):250-6.
29. Fattah A, Borschel GH, Manktelow RT, Bezuhyly M, Zuker RM. Facial palsy and reconstruction. *Plast Reconstr Surg.* 2012;129(2):340-52.
30. Kreutzberg GW. Neurobiological factors influencing regeneration of facial motor neurons. *Clin Plast Surg.* 1979;6(3):389-95.
31. Miehlik A, Stennert E, Chilla R. New aspects in facial nerve surgery. *Clin Plast Surg.* 1979;6(3):451-70.
32. MacQuillan AH, Grobbelaar AO. Functional muscle transfer and the variance of reinnervating axonal load: part I. The facial nerve. *Plast Reconstr Surg.* 2008;121(5):1570-7.
33. MacQuillan AH, Grobbelaar AO. Functional muscle transfer and the variance of reinnervating axonal load: part II. Peripheral nerves. *Plast Reconstr Surg.* 2008;121(5):1708-15.

34. Tamai S. History of microsurgery. *Plast Reconstr Surg.* 2009;124(6 Suppl):e282-94.
35. Baker DC, Conley J. Facial nerve grafting: a thirty year retrospective review. *Clin Plast Surg.* 1979;6(3):343-60.
36. Anderl H. Cross-face nerve transplant. *Clin Plast Surg.* 1979;6(3):433-49.
37. Gary-Bobo A, Fuentes JM, Guerrier B. Cross-facial nerve anastomosis in the treatment of facial paralysis: a preliminary report on 10 cases. *Br J Plast Surg.* 1980;33(2):195-201.
38. Heckler FR. Gracilis myocutaneous and muscle flaps. *Clin Plast Surg.* 1980;7(1):27-44.
39. Lykoudis EG, Spyropoulou GA, Vlastou CC. The conjoint medial circumflex femoral perforator and gracilis muscle free flap: anatomical study and clinical use for complex facial paralysis reconstruction. *Plast Reconstr Surg.* 2005;116(6):1589-95.
40. Resende LA, Weber S. Peripheral facial palsy in the past: contributions from Avicenna, Nicolaus Friedreich and Charles Bell. *Arq Neuropsiquiatr.* 2008;66(3B):765-9.
41. van de Graaf RC, Nicolai JP. On the surgical treatment of facial paralysis in the early nineteenth century. *Plast Reconstr Surg.* 2008;121(2):475-80.
42. Neubaur OH. *De Paralysis Nervi Facialis et de Myotomia in Casibus Inveteratis* (Thesis). Berolini, 1848.
43. Ballance CA, Ballance HA, Stewart P. Remarks on the operative treatment of chronic facial palsy of peripheral origin. *Br Med J.* 1903;1:1009-13.

44. Ballance CA. An address on the results obtained in some experiments in which the facial and recurrent laryngeal nerves were anastomosed with other nerves. *Br Med J*. 1924;2(3322):349-54.
45. Lexer E, Eden R. Über die chirurgische Behandlung der peripheren Facialislaehmung. *Beitr Klin Chir*. 1911;73:116-26.
46. Werker PNM. Static correction of the nasolabial area. In *The Facial Palsies*. Utrecht: Lemma, 2005.
47. Dott NM. Facial paralysis; restitution by extra-petrous nerve graft. *Proc R Soc Med*. 1958;51(11):900-2.
48. Jacobson JH, Suarez EI. Microsurgery in anastomosis of small vessels. *Surg Forum*. 1960;11:243-5.
49. Carrel A. La technique operateire des anastomoses vasculaires et la transplantation des visceres. *Lyon Med*. 1902;98:859-63.
50. Höpner E. Über Gefässnaht, Gefäßstransplantationen und Replantation von amputierten Extremitäten. *Arch Klin Chir*. 1903;70:417-71.
51. Guthrie CC. *Blood Vessel Surgery and its Applications*. New York: Longmans, Green & Co; 1912.
52. Onji Y, Murray Y, Tamai S, et al. Experimental surgery on resuscitation and reünión of amputated or nearly amputated leg. *Plast Reconstr Surg*. 1963;31:151-61.
53. Malt RA, McKhann CF. Replantation of severed arms. *JAMA*. 1964;189:716-22.
54. Chen ZW, Chen YC, Bao YS. Salvage of the forearm following complete traumatic amputation: Report of a case. *Chin Med J*. 1963;82:632.

55. Buncke HJ Jr, Schulz WP. Experimental digital amputation and replantation. *Plastic Reconstr Surg.* 1965;36:62-70.
56. Buncke HJ Jr, Buncke CM, Schulz WP. Immediate Nicola-doni procedure in the Rhesus monkey, or hallux-to-hand transplantation, utilising microminiature vascular anastomoses. *Br J Surg.* 1966;332-337.
57. Buncke HJ, Schulz WP. Total ear reimplantation in the rabbit utilising microminiature vascular anastomoses. *Br J Plast Surg.* 1966;19:15-22.
58. Smith JW. Microsurgery of peripheral nerves. *Plast Reconstr Surg.* 1964;33:317-29.
59. Bora FW Jr. Peripheral nerve repair in cats: the fascicular stitch. *J Bone Joint Surg (Am).* 1967;49:659-66.
60. Hakstian RW. Funicular orientation by direct stimulation: An aid to peripheral nerve repair. *J Bone Joint Surg (Am).* 1968;50:1178-86.
61. Ito J, Hirotsu H, Yamamoto K. Peripheral nerve repair by the funicular suture technique. *Acta Orthop Scand.* 1976;47:283-9.
62. Tamai S, Kamatsu S, Sakamoto H, Sano S, Sasauchi N. Free muscle transplants in dogs with microsurgical neurovascular anastomoses. *Plast Reconstr Surg.* 1970;46:219-25.
63. Thompson N. Autogenous free grafts of skeletal muscle: a preliminary experimental and clinical study. *Plast Reconstr Surg.* 1971;48:11-27.
64. Gordon L, Buncke HJ. Heterotopic free skeletal muscle autotransplantation with utilization of a long nerve graft and microsurgical techniques: A study in the primate. *J Hand Surg.* 1979;4:103-8.
65. Thompson N, Gustavson E. The use of neurovascular free autograft with microvascular anastomosis to restore elevation to the paralyzed angle of the

- mouth in cases of unilateral facial paralysis. *Chirurgia Plastica*. 1976;3:165-74.
66. Scaramella LF. Anastomosis between the two facial nerves. *Laryngoscope*. 1975;85(8):19-56.
67. Smith JW. A new technique of facial animation. In: Hueston JH, editor. *Transactions of the fifth international Congress of Plastic and Reconstructive Surgery*. Chatswood. New South Wales, Australia, 1971. London: Butterworths; 1971. p. 83-4.
68. Anderl H. Reconstruction of the face through cross-face nerve transplantation in facial paralysis. *Chirurgia Plastica*. 1973;2:17-45.
69. Harii K, Ohmori K, Torii S. Free gracilis muscle transplantation, with microneurovascular anastomoses for the treatment of facial paralysis. A preliminary report. *Plast Reconstr Surg*. 1976;57(2):133-43.
70. Spira M. Anastomosis of masseteric nerve to lower division of facial nerve correction of lower facial paralysis. *Plast Reconstr Surg*. 1978;61:330-4.
71. Harii K. Microneurovascular free muscle transplantation for reanimation of facial paralysis. *Clin Plast Surg*. 1979;6:361-75.
72. O' Brien BM, Franklin JD, Morrison WA. Cross-facial nerve grafts and microneurovascular free muscle transfer for long established facial palsy. *Br J Plast Surg*. 1980;33:202-15.
73. Terzis J, Manktelow R. Pectoralis minor: A new concept in facial animation. *Plastic Surgery*. 1982;5:106.(Forum5).
74. Manktelow RT, Zuker RM. Muscle transplantation by fascicular territory. *Plast Reconstr Surg*. 1984;73:751-7.

75. Nakajima H. One-stage reconstruction of facial paralysis using the romboideus major muscle. Presented at the 12th Local Meeting of the Tokyo District of the Japanese Society of Plastic and Reconstructive Surgery, Tokyo, Japan. April 1986.
76. O' Brien BM. One-stage reconstruction of facial paralysis using the gracilis muscle transfer. Presented at the 10th Symposium of the International Society of Reconstructive Microsurgery, Munich, Germany, Sept 1991.
77. Jiang H, Kuo ET. One stage reconstruction of facial paralysis using the abductor hallucis muscle. Presented at the Thirth Joint Meeting of Chinese and Japanese Plastic and Reconstructive Surgery, Shangai City, China, Oct 1991.
78. Koshima I, Moriguchi T, Soeda S, Hamanaha T, Tanaka H, Ohta S. Free rectus femoris muscle transfer for one-stage reconstruction of establishes facial paralysis. *Plast Reconstr Surg.* 1994;94:421-430.
79. Zhang F, Lineaweaver WC, Üstuner T, et al. Comparison of muscle mass preservation in denervated muscle and transplanted muscle flaps after motor and sensory reinnervation and neurotization. *Plast Reconstr Sur.* 1997;99(3):803-14.
80. Terzis JK. The babysitter principle: A dynamic concept in facial reanimation. *Proceedings of the Sixth International Symposium on the Facial Nerve.* Rio de Janeiro, Brasil, 1988. Kugler and Ghendini Publications 1990.
81. Terzis JK, Tzafetta K. The “babysitter” procedure: Minihypoglosal to facial nerve transfer and cross-facial nerve grafting. *Plast Reconstr Surg.* 2009;123:865-76.

82. Kahle W, Frotscher M. Atlas de anatomía con correlación clínica. Tomo 3, Sistema nervioso y órganos de los sentidos. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2008.
83. Sadler TW. Langman Embriología médica con orientación clínica. 9na ed. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2004.
84. Moore KL, Dalley AF. Anatomía con orientación clínica. 4ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana, S.A.; 2005.
85. Rouvière H, Delmas A. Anatomía humana descriptiva, topográfica y funcional. 11ª ed. Barcelona: Elsevier España, S.L.; 2005.
86. Haines DE. Principios de Neurociencia. Aplicaciones básicas y clínicas. 4ª ed. Barcelona: Elsevier España, S.L.; 2014.
87. Latarjet M, Ruiz Liard A. Anatomía Humana. Vol 1. 3ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana, S.A.; 1999.
88. Berry M, Bannister LH, Standring SM. Sistema Nervioso. En: Williams PL, Bannister LH, Barry M, et al, editores. Anatomía de Gray. 38ª ed. Madrid: Harcourt Brace de España, S.A.; 1998. p. 901-1398.
89. Westin LM, Zuker R. A new classification system for facial paralysis in the clinical setting. J Craniofac Surg. 2003;14:672-9.
90. Duval M, Daniel SJ. Facial nerve palsy in neonates secondary to forceps use. Arch Otolaryngol Head Neck Surg. 2009;135:634-6.
91. Hughes CA, Harley EH, Milmo G, Bala R, Martorella A. Birth trauma in the head and neck. Arch Otolaryngol Head Neck Surg. 1999;125:193-9.
92. Terzis JK, Anesti K. Developmental facial paralysis: a review. J Plast Reconstr Aesthet Surg. 2011;64(10):1318-33.

93. Singham J, Manktelow RT, Zuker RM. Möbius syndrome. *Semin Plast Surg.* 2004;18:39-46.
94. Holland NJ, Weiner GM. Recent developments in Bell' s palsy. *BMJ.* 2004;329(7465):553-7.
95. Terzis JK, Karypidis D. Therapeutic strategies in post-facial paralysis synkinesis in adult patients. *Plast Reconstr Surg.* 2012;129(6):925e-939e.
96. Lockhart P, Daly F, Pitkethly M, Comerford N, Sullivan F. Antiviral treatment for Bell' s palsy (idiopathic facial paralysis). *Cochrane Database Syst Rev.* 2009;CD001869.
97. Conley J. Facial rehabilitation: new potentials. *Clin Plast Surg.* 1979;6(3):421-31.
98. Baker DC. Symposium on facial paralysis. *Clin Plast Surg.* 1979;6(3):273-486.
99. Liberson WT, Terzis JK. Some novel techniques of clinical electrophysiology applied to the management of brachial plexus palsy. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 1987;27(6-7):371-83.
100. van de Graaf RC, Nicolai JP. Bell' s palsy before Bell: Cornelius Stalpart van der Wiel' s observation of Bell' s palsy in 1863. *Otol Neurotol.* 2005;26(6):1235-8.
101. van de Graaf RC. The early history of the facial nerve and facial paralysis. In *The Facial Palsies.* Utrecht: Lemma, 2005.
102. Meltzer NE, Alam DS. Facial paralysis rehabilitation: state of the art. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg.* 2010;18(4):232-7.
103. Jelks GW, Smith B, Bosniak S. The evaluation and management of the eye in facial palsy. *Clin Plast Surg.* 1979;6(3):397-419.



104. Rofagha S, Seiff SR. Long-term results for the use of gold eyelid load wights in the management of facial paralysis. *Plast Reconstr Surg.* 2010;125:142-9.
105. Terzis JK, Kyere SA. Experience with the gold weight and palpebral spring in the management of paralytic lagophthalmos. *Plast Reconstr Surg.* 2008;121(3):806-15.
106. Terzis JK, Karypidis D. Blink restoration in adult facial paralysis. *Plast Reconstr Surg.* 2010;126(1):126-39.
107. Terzis JK, Dryer NM, Bodner BI. Corneal neurotization: A novel solution to neurotrophic keratopathy. *Plast Reconstr Surg.* 2009;123:112-20.
108. Terzis JK, Karypidis D. The outcomes of dynamic procedures for blink restoration in pediatric facial paralysis. *Plast Reconstr Surg.* 2009;125:629-44.
109. Golio D, De Martelaere S, Anderson J, Esmaeli B. Outcomes of periocular reconstruction for facial nerve paralysis in cancer patients. *Plast Reconstr Surg.* 2007;119:1233-7.
110. Frey M, Giovanoli P, Michaelidou M. Functional upgrading of partially recovered facial palsy by cross-face nerve grafting with distal end-to-side neurorrhaphy. *Plast Reconstr Surg.* 2006;117:597-608.
111. Fattah A, Borschel GH, Zuker RM. Reconstruction of facial nerve injuries in children. *J Craniofac Surg.* 2011;22:782-8.
112. Maio MD, Bento RF. Botulinum toxin in facial palsy: An effective treatment for contralateral hyperkinesis. *Plast Reconstr Surg.* 2007;120:917-27.
113. Sunderland IRP, Brenner MJ, Singham J, Rickman SR, Hunter DA, Mackinnon SE. Effect of tension on nerve regeneration in rat sciatic nerve transection model. *Ann Plast Surg.* 2004;53:382-7.

114. Ijpma FFA, Nicolai JPA, Meek MF. Sural nerve donor-site morbidity. *Ann Plast Surg.* 2006;57:391-5.
115. Conley J, Baker DC. Hypoglossal-facial nerve anastomosis for reinnervation of the paralyzed face. *Plast Reconstr Surg.* 1979;63:63-72.
116. Venail F, Sabatier P, Mondain M, Segniarbieux F, Leipp C, Uziel A. Outcomes and complications of direct end-to-side facial-hypoglossal nerve anastomosis according to the modified May technique. *J Neurosurg.* 2009;110:786-91.
117. May M, Sobol SM, Brackman DE. Facial reanimation: The temporalis muscle and middle fossa surgery. *Laryngoscope.* 1991;101:430-2.
118. Ueda K, Harii K, Yamada A. Free neurovascular muscle transplantation for the treatment of facial paralysis using the hypoglossal nerve as a recipient motor source. *Plast Reconstr Surg.* 1994;94:808-17.
119. Costantino PD, Hiltzik DH, Moche J, Preminger A. Minimally invasive brow suspension for facial paralysis. *Arch Facial Plast Surg.* 2003;5:171-4.
120. Ducic Y, Adelson R. Use of the endoscopic forehead-lift to improve brow position in persistent facial paralysis. *Arch Facial Plast Surg.* 2005;7:51-4.
121. Rautio J, Pignatti M. Endoscopic forehead lift for ptosis of the brow caused by facial paralysis. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg.* 2001;35:51-6.
122. Moody FP, Losken A, Bostwick 3rd, Trinei FA, Eaves FF 3rd. Endoscopic frontal branch neurectomy, corrugator myectomy, and brow lift for forehead asymmetry after facial nerve palsy. *Plast Reconstr Surg.* 2001;108:218-23.
123. Terzis JK, Kalantarian B. Microsurgical strategies in 74 patients for restoration of dynamic depressor muscle mechanism: A neglected target in facial reanimation. *Plast Reconstr Surg.* 2000;105:1917-31.

124. Edgerton MT. Surgical correction of facial paralysis: A plea for better reconstruction. *Ann Surg.* 1967;165:985-98.
125. Conley J, Baker DC, Selfe RW. Paralysis of the mandibular branch of the facial nerve. *Plast Reconstr Surg.* 1982;70:569-77.
126. Manktelow RT. Microsurgical strategies in 74 patients for restoration of dynamic depressor mechanism. *Plast Reconstr Surg.* 2000;105:1932-4.
127. Tan ST. Anterior belly of digastric muscle transfer: A useful technique in head and neck surgery. *Head Neck.* 2002;24:947-54.
128. Tulley P, Webb A, Chana JS, et al. Paralysis of the marginal mandibular branch of the facial nerve: Treatment options. *Br J Plast Surg.* 2000;53:378-85.
129. Curtin JW, Greeley PW, Gleason M, Braver D. A supplementary procedure for the improvement of facial nerve paralysis. *Plast Reconstr Surg Transplant Bull.* 1960;26:73-9.
130. Lindsay RW, Smitson C, Edwards C, Cheney ML, Hadlock TA. Correction of the nasal base in the flaccidly paralyzed face: An orphaned problem in facial paralysis. *Plast Reconstr Surg.* 2010;126:185-6.
131. Wong GB, Stokes RB, Stevenson TR, Whetzel TP, Saunders CJ. Endoscopically assisted facial suspension for treatment of facial palsy. *Plast Reconstr Surg.* 1999;103:970-1.
132. Constantinides M, Galli SK, Miller PJ. Complications of static facial suspension with expanded polytetrafluoroethylene (ePTFE). *Laryngoscope.* 2001;111:2114-21.
133. Skourtis ME, Weber SM, Kriet JD, Girod DA, Tsue TT, Wax MK. Immediate Gore-Tex sling suspension for management of facial paralysis in head and neck extirpative surgery. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2007;137(2):228-32.

134. Golovine SS. Procedure de cloture plastique de l'orbite apres l'exenteration. J Fr Ofhtalmol. 1898;18:679.
135. Gillies H. Experiences with fascia lata grafts in the operative treatment of facial paralysis. Proc R Soc Med. 1934;27:1372-82.
136. Sheehan JE. The muscle nerve graft. Surg Clin North Am. 1935;15:471.
137. McLaughlin CR. Surgical support in permanent facial paralysis. Plast Reconstr Surg. 1953;11:302-14.
138. Labbé D, Huault M. Lengthening temporalis myoplasty and lip reanimation. Plast Reconstr Surg. 2000;105:1289-97.
139. Lexer E, Eden R. Über die chirurgische Behandlung der peripheren Facialislahmung. Beitr Klin Chir. 1911;73:116.
140. Adams WM. The use of neighboring tissues in the correction of an extensive facial deformity. Plast Reconstr Surg. 1947;2:105-9.
141. Sachs ME, Conley J. Intraoral masseter muscle transposition: Use with reconstruction of regional facial paralysis. Arch Otolaryngol. 1982;108:397-400.
142. Freilinger G. A new technique to correct facial paralysis. Plast Reconstr Surg. 1979;108:397-400.
143. Mayou BJ, Watson JS, Harrison DH, Parry CB. Free microvascular and microneural transfer of the extensor digitorum brevis muscle for the treatment of unilateral facial palsy. Br J Plast Surg. 1981;34:362-7.
144. Harrison DH. The pectoralis minor vascularized muscle graft for the treatment of unilateral facial palsy. Plast Reconstr Surg. 1985;75:206-16.

145. Mackinnon SE, Dellon AL. Technical considerations of the latissimus dorsi muscle flap: A segmentally innervated muscle transfer for facial reanimation. *Microsurgery*. 1988;9:36-45.
146. Macquillan A, Harlock N, Grobbelaar A, Harrison D. Arterial and venous anatomical features of the pectoralis minor muscle flap pedicle. *Plast Reconstr Surg*. 2004;113:872-6.
147. Manktelow RT. The pectoralis minor vascularized muscle graft for the treatment of unilateral facial palsy (Discussion). *Plast Reconstr Surg*. 1985;75:214-6.
148. Woollard ACS, Harrison DH, Grobbelaar AO. An approach to bilateral facial paralysis. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2010;63:1557-60.
149. Wei FC, Mardini S. *Colgajos en Cirugía Reparadora*. Barcelona: Elsevier España; 2011.
150. Coombs CJ, Ek EW, Wu T, Cleland H, Leung MK. Masseteric-facial nerve coaptation: An alternative technique for facial nerve reinnervation. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2009;62(12):1580-8.
151. Manktelow RT, Tomat LR, Zuker RM, Chang M. Smile reconstruction in adults with free muscle transfer innervated by the masseter motor nerve: Effectiveness and cerebral adaptation. *Plast Reconstr Surg*. 2006;118(4):885-99.
152. Lifchez SD, Matloub HS, Gosain AK. Cortical adaptation to restoration of smiling after free muscle transfer innervated by the nerve to the masseter. *Plast Reconstr Surg*. 2005;115:1472-9.
153. Bae Y-C, Zuker RM, Manktelow RT, Wade S. A comparison of commissure excursion following gracilis muscle transplantation for facial paralysis using

- a cross-face nerve graft versus the motor nerve to the masseter nerve. *Plast Reconstr Surg.* 2006;117(7):2407-13.
154. Frey M, Happak W, Girsch W, Bittner RE, Gruber H. Histomorphometric studies in patients with facial palsy treated by functional muscle transplantation: New aspects for the surgical concept. *Ann Plast Surg.* 1991;26:370-9.
  155. MacQuillan AH, Grobbelaar AO, Baiarda FU. A theory explaining the development of late-onset tightening or contracture in patients who have undergone facial reanimation surgery with free functional muscle transfers. *Plast Reconstr Surg.* 2009;124(5):254-5.
  156. Urso-Baiarda F, MacQuillan AH, Grobbelaar AO. The bottleneck theory: Accounting for clinical and experimental variability in the outcome of functional transfer. *Plast Reconstr Surg.* 2007;119:1129-31.
  157. Kumar PA. Cross-face reanimation of the paralysed face, with a single stage microneurovascular gracilis transfer without nerve graft: a preliminary report. *Br J Plast Surg.* 1995;48(2):83-8.
  158. Terzis JK, Noah ME. Analysis of 100 cases of free-muscle transplantation for facial paralysis. *Plast Reconstr Surg.* 1997;99(7):1905-21.
  159. Zuker RM, Goldberg CS, Manktelow RT. Facial animation in children with Möbius syndrome after segmental gracilis muscle transplant. *Plast Reconstr Surg.* 2000 Jul;106(1):1-8; discussion 9.
  160. Bianchi B, Copelli C, Ferrari S, Ferri A, Sesenna E. Use of the masseter motor nerve in facial animation with free muscle transfer. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2012;50(7):650-3.

161. Gousheh J, Arasteh E. Treatment of facial paralysis: dynamic reanimation of spontaneous facial expression-apropos of 655 patients. *Plast Reconstr Surg.* 2011;128(6):693e-703e.
162. Sherwood DE, Lee TD. Schema theory: Critical review and implications for the role of cognition in a new theory of motor learning. *Res Q Exerc Sport.* 2003;74:376.
163. Chen R, Corwell B, Yaseen Z, Hallett M, Cohen LG. Mechanisms of cortical reorganization in lower-limb amputees. *J Neurosci.* 1998;18:3443.
164. Chen R, Anastakis DJ, Haywood CT, Mikulis DJ, Manktelow RT. Plasticity of the human motor system following muscle reconstruction: A magnetic stimulation and functional magnetic resonance imaging study. *Clin Neurophysiol.* 2003;114:2434.
165. Mano Y, Nakamuro T, Tamura R, et al. Central motor reorganization after anastomosis of the musculocutaneous and intercostal nerves following cervical root avulsion. *Ann Neurol.* 1995;38:15.
166. Ziemann U, Muellbacher W, Hallett M, Cohen LG. Modulation of practice-dependent plasticity in human motor cortex. *Brain.* 2001;124:1171.
167. Hess G, Aizenman CD, Donoghue JP. Conditions for the induction of long-term potentiation in layer II/III horizontal connections of the motor cortex. *J Neurophysiol.* 1996;75:1765.
168. Hess G, Donoghue JP. Long-term depression of horizontal connections in rat motor cortex. *Eur J Neurophysiol.* 1996;8:658.
169. Hess G, Donoghue JP. Long-term potentiation and long-term depression of horizontal connections in rat motor cortex. *Acta Neurobiol Exp.* 1996;56:397.

170. Hess G, Donoghue JP. Facilitation of long-term potentiation in layer II/III horizontal connections in rat motor cortex following I stimulation: Route of effect and cholinergic contributions. *Exp Brain Res*. 1999;127:279.
171. Lundborg G, Rosen B. Sensory relearning after nerve repair. *Lancet*. 2001;358:809.
172. Escat E, Viéla A. Manuel opératoire de l'anastomose du nerf facial avec le nerf masséterin. *Ann Mal Oreille Larynx*. 1925;77:1149-59.
173. Hovelacque A. Anatomie des nerfs crâniens et rachidiens et du système grand sympathique. Ed Gaston Doin & Cie. Paris, 1927, p. 123.
174. De Lima E. Masseteric Nerve and its relation to the lower border of the zygomatic arch. *Arq Cent Est Fac Odont*. 1967;4(2):73-87.
175. Shimokawa T, Akita K, Soma K, Sato T. An anatomical study of the muscles innervated by the masseteric nerve. *Okajimas Folia Anat Jpn*. 1999;75(6):271-80.
176. Sicher H, Dubrul EI. Oral anatomy. 5th ed pp 120-126. Mosby, St Louis. 1970.
177. Leonhardt H, Tillman B, Toundry G, Zilles K. Rauber/Kaposch, Anatomie des Menschen. Vol 1. pp 738-744, Thieme, Stuttgart, 1987.
178. Clemente CD. Grays' s Anatomy. 30th ed. pp 447-452. Lea & Febiger, Philadelphia, 1985.
179. Williams PL, Bannister LH, Berry MM, Collins P, Dyson M, Dussek JE, Ferguson MW. Gray's Anatomy. 38 th ed. pp 799-802, Churchill Livingstone, Edinburgh, 1995.
180. Lam EW, Hannam AG, Christianson EL. Estimation of tendón-plane orientation within human masseter muscle from reconstructed magnetic resonance images. *Arch Oral Biol*. 1991;36(11):845-53.



181. Yoshikawa T, Suzuki T. The lamination of the human masseter: The new identification of M temporalis superficialis. M maxillomandibularis and M zygomaticomandibularis in the human anatomy. *Acta Anat Nippon*. 1962;37:260-7.
182. Stalberg E, Eriksson PO. A scanning electromyographic study of the topography of human masseter single motor units. *Arch Oral Biol*. 1987;32(11):793-7.
183. McMillan AS, Hannam AG. Motor-unit territory in the human masseter muscle. *Arch Oral Biol*. 1991;36(6):435-41.
184. Gaudy JF, Zouaoui A, Bravetti P, Charrier JL, Guettaf A. Functional organization of the human masseter muscle. *Surg Radiol Anat*. 2000;22(3-4):181-90.
185. Brunel G, El-Haddioui A, Bravetti P, Zouaoui A, Gaudy JF. General organization of the human intra-masseteric aponeuroses: changes with ageing. *Surg Radiol Anat*. 2003;25(3-4):270-83.
186. Hwang K, Kim YJ, Chung IH, Song YB. Course of the masseteric nerve in masseter muscle. *J Craniofac Surg*. 2005;16(2):197-200.
187. Marinho LHM, Shanahan DAP, Langdon JD, et al. The inferiorly based masseter muscle flap: Anatomical basis for its use in head and neck reconstructive surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 1991;20:100-5.
188. Gray ' s Anatomy. Alimentary system. Section ed: Bannister, LH; Cardiovascular system. Section ed: Gabellan, 38th ed. London: Churchill-Livingstone, 1995:1518-20.

189. Hwang K, Kim YJ, Chung IH, Lee SI. Deep middle masseteric artery (dMMA) attributed to hemorrhage in resection of masseter and mandibular angle. *J Craniofac Surg.* 2001;12(4):381-5.
190. Mägden O, Göçmen-Mas N, Senan S, Edizer M, Karaçayli U, Karabekir HS. The premasseteric branch of facial artery: its importance for craniofacial surgery. *Turk Neurosurg.* 2009;19(1):45-50.
191. Rakhawy MT, Shehata SH, Badawy ZH. The points of nerve entry and the intramuscular nerve branchings in the human muscles of mastication. *Acta Anat (Basel).* 1976;94(4):609-16.
192. Brenner E, Schoeller T. Masseteric nerve: a possible donor for facial nerve anastomosis?. *Clin Anat.* 1998;11:396-400.
193. Hwang K, Kim YJ, Park H, Chung IH. Selective neurectomy of the masseteric nerve in masseter hypertrophy. *J Craniofac Surg.* 2004;15(5):780-4.
194. Kim DH, Hong HS, Won SY, Kim HJ, Hu KS, Choi JH, et al. Intramuscular nerve distribution of the masseter muscle as a basis for botulinum toxin injection. *J Craniofac Surg.* 2010;21(2):588-91.
195. Ferreira MC. Cross-facial nerve grafting. *Clin Plast Surg.* 1984;11(1):211-4.
196. Buncke HJ, Buncke GM, Kind GM, Buntic RF, Brooks D, Chin BT. Cross-facial and functional microvascular muscle transplantation for longstanding facial paralysis. *Clin Plast Surg.* 2002;29(4):551-66.
197. Kumar PA, Hassan KM. Cross-face nerve graft with free-muscle transfer for reanimation of the paralyzed face: a comparative study of the single-stage and two-stage procedures. *Plast Reconstr Surg.* 2002;109(2):451-62; discussion 463-4.

198. Bianchi B, Copelli C, Ferrari S, Ferri A, Bailleul C, Sesenna E. Facial animation with free-muscle transfer innervated by the masseter motor nerve in unilateral facial paralysis. *J Oral Maxillofac Surg.* 2010;68(7):1524-9.
199. Ghali S, MacQuillan A, Grobbelaar AO. Reanimation of the middle and lower face in facial paralysis: review of the literature and personal approach. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2011;64(4):423-31.
200. Karnovsky MJ, Roots L. A "direct-coloring" thiocholine method for cholinesterases. *J Histochem Cytochem.* 1964;12:219-21.
201. Frey M, Gruber H, Havel M, Steiner E, Freilinger G. Experimental free-muscle transplantation with microneurovascular anastomoses. *Plast Reconstr Surg.* 1983;71(5):689-702.
202. Burt AM. A histochemical procedure for the localization of choline acetyltransferase activity. *J Histochem Cytochem.* 1970;18(6):408-15.
203. Rayment R, Poole MD, Rushworth G. Cross-facial nerve transplants: why are spontaneous smiles not restored?. *Br J Plast Surg.* 1987;40(6):592-7.
204. Coombs CJ. One stage gracilis transfer for facial reanimation. In: *Proceedings of the American Reconstructive Microsurgical Society, Annual Scientific Conference, Palm Springs, California, March 2003.*
205. Borschel GH, Kawamura DH, Kasukurthi R, Hunter DA, Zuker RM, Woo AS. The motor nerve to the masseter: an anatomic and histomorphometric study to facilitate its use in facial reanimation. *J Plast Reconstr Aesth Surg.* 2012;65(3):363-6.
206. Vedung S, Olsson Y. Light- and electron microscopic findings in the distal end of human cross-face sural nerve grafts. *Scand J Plast Reconstr Surg.* 1982;16(3):275-81.

207. Miyamoto Y. Experimental study of results of nerve suture under tension vs. nerve grafting. *Plast Reconstr Surg.* 1979;64(4):540-9.
208. Frey M, Gruber H, Happak W, Girsch W, Gruber I, Koller R. Ipsilateral and cross-over elongation of the motor nerve by nerve grafting: an experimental study in sheep. *Plast Reconstr Surg.* 1990;85(1):77-89; discussion 90-1.
209. Erlanger J, Gasser HS. The action potential in fibers of slow conduction in spinal roots and somatic nerves. *Am J Physiol.* 1930;92:43.
210. Gasser HS. The classification of nerve fibers. *Ohio J Sci.* 1941;41(3):145-59.
211. Oda Y. Choline acetyltransferase: the structure, distribution and pathologic changes in the central nervous system. *Pathol Int.* 1999;49(11):921-37.
212. Badia J, Pascual-Font A, Vivó M, Udina E, Navarro X. Topographical distribution of motor fascicles in the sciatic-tibial nerve of the rat. *Muscle Nerve.* 2010;42(2):192-201.
213. Levey AI, Armstrong DM, Atweh SF, Terry RD, Wainer BH. Monoclonal antibodies to choline acetyltransferase: production, specificity, and immunohistochemistry. *J Neurosci.* 1983;3(1):1-9.
214. Pascual-Font A, Vazquez T, Marco F, Sañudo JR, Rodriguez-Niedenführ M. Ulnar nerve innervation of the triceps muscle: real or apparent? An anatomic study. *Clin Orthop Relat Res.* 2013;471(6):1887-93.
215. Terzis JK, Noah EM. Möbius and Möbius-like patients: etiology, diagnosis, and treatment options. *Clin Plast Surg.* 2002;29(4):497-514.
216. Zucker RM, Manktelow RT. A smile for the Möbius' syndrome patient. *Ann Plast Surg.* 1989;22(3):188-94.

217. Bianchi B, Copelli C, Ferrari S, Ferri A, Sesenna E. Facial animation in children with Möbius and Möbius-like syndromes. *J Pediatr Surg.* 2009;44(11):2236-42.
218. Klebuc MJ. Facial reanimation using the masseter-to-facial nerve transfer. *Plast Reconstr Surg.* 2011;127(5):1909-15.
219. Biglioli F, Frigerio A, Colombo V, Colleti G, Rabbiosi D, Martini P, et al. Masseteric-facial nerve anastomosis for early facial reanimation. *J Craniomaxillofac Surg.* 2012;40(2):149-55.
220. Wang W, Yang C, Li Q, Li W, Yang X, Zhang YX. Masseter-to-facial nerve transfer: a highly effective technique for facial reanimation after acoustic neuroma resection. *Ann Plast Surg.* 2014;73(1):S63-9.
221. Chuang DC. Technique evolution for facial paralysis reconstruction using functioning free muscle transplantation--experience of Chang Gung Memorial Hospital. *Clin Plast Surg.* 2002;29(4):449-59.
222. Lasso JM, Rosado J, Pérez Luengo E, Jiménez E, Pérez Cano R. Gracilis flap: a variation of the main vascular pedicle. *Plast Reconstr Surg.* 2004;114(2):597-8.
223. Sachanandani NF, Pothula A, Tung TH. Nerve gaps. *Plast Reconstr Surg.* 2014;133(2):313-9.
224. Dodds SD, Halim A. Advances in nerve repair and reconstruction. *Current Orthopaedic Practice.* 2013;24(5):529-35.
225. Lundborg G. A 25-year perspective of peripheral nerve surgery: evolving neuroscientific concepts and clinical significance. *J Hand Surg Am.* 2000;25(3):391-414.

226. Dahlin LB. The biology of nerve injury and repair. *J Am Soc Surg Hand*. 2004;4:143-55.
227. Brach JS, VanSwearingen JM. Physical therapy for facial paralysis: a tailored treatment approach. *Phys Ther*. 1999;79(4):397-404.
228. Baricich A, Cabrio C, Paggio R, Cisari C, Aluffi P. Peripheral facial nerve palsy: how effective is rehabilitation? *Otol Neurotol*. 2012;33(7):1118-26.
229. Peker T, Gülekon N, Turgut BH, Anil A, Karaköse M, Mungan T, Danişman N. Observation of the relationship between the shape of skeletal muscles and their nerve distribution patterns: a transparent and microanatomic study. *Plast Reconstr Surg*. 2006;117(1):165-76.
230. Cotrufo S, Hart A, Payne AP, Sjogren A, Lorenzo A, Morley S. Topographic anatomy of the nerve to masseter: an anatomical and clinical study. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2011;64(11):1424-9.
231. Cheng A, Audolfsson T, Rodriguez-Lorenzo A, Wong C, Rozen S. A reliable anatomic approach for identification of the masseteric nerve. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2013;66(10):1438-40.
232. Manktelow RT, MacKee NH, Vettese T. An anatomical study of pectoralis major muscles as related to functional free muscle transplantation. *Plast Reconstr Surg*. 1980;65:610-5.
233. Frey M, Michaelidou M, Tzou CH, Pona I, Mittlböck M, Gerber H, Stüssi E. Three-dimensional video analysis of the paralyzed face reanimated by cross-face nerve grafting and free gracilis muscle transplantation: quantification of the functional outcome. *Plast Reconstr Surg*. 2008;122(6):1709-22.

234. De Castro Correia P, Zani R. Masseter muscle rotation in the treatment of inferior facial paralysis. Anatomical and clinical observations. *Plast Reconstr Surg.* 1973;52(4):370-3.
235. Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM. *Principles of Neural Science.* 4th Ed. New York, NY: McGraw-Hill; 2000: 282.
236. Bolme P, Novotny J, Uvnas B, Peter G, Wright PG. Species distribution of sympathetic cholinergic vasodilator nerves in skeletal muscle. *Acta Physiol Scand* 1970;78:60-64.
237. Crossman AR, Neary D. *Neuroanatomy.* 2nd Ed. New York, NY: Churchill Livingstone; 2000: 47.
238. Hontanilla B, Qiu SS. Transposition of the hemimasseteric muscle for dynamic rehabilitation of facial paralysis. *J Craniofac Surg.* 2012;23:203-205.
239. Collar RM, Byrne PJ, Boahene KD. The subzygomatic triangle: rapid, minimally invasive identification of the masseteric nerve for facial reanimation. *Plast Reconstr Surg.* 2013;132(1):183-8.